I

4

Rkp niepisany obcą ręką

Można drukować

Franke

198/54 Natanson W.

Wiadomości z nauki fizyki dla szkół wydziałowych. II redakcja

ale równoważymy ją (§10) siłą naszych mięśni. ~~Kamień zaczyna~~ Otwórzmy rękę; wówczas ~~już~~ siła ciężkości sama jedna działa na kamień. Kamień zaczyna się poruszać. Dokąd pójdzie? Nie będziemy go szukali na ścianach, ani na suficie; wiemy, że pójdzie na dół, że będzie spadał. Zatem siła ciężkości ciągnie ciała na dół, ku ziemi i nadaje im ruch w tym kierunku, jeśli żadna inna siła jej w tem nie przeszkadza.

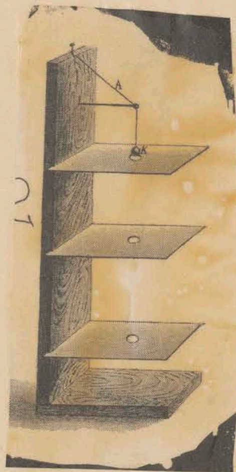
F(§4.)

Rozważmy to ~~...~~ dokładniej. Weźmy pion, czyli nić, obciążoną ciężarkiem i trzymajmy ją w ręku, jak pokazuje rys. 6. Nić wypręża się i przybiera kierunek linii prostej, którą nazywamy linią pionową. Powiadamy, że każdy przedmiot, puszczony zupełnie swobodnie (a zatem poddany działaniu samej tylko (siły) ciężkości), spada na dół w kierunku pionowym. Trudno jest wypuścić coś z ręki zupełnie



Rys. 6.

Należy Rys. tak umieścić, aby ta kreska była pionowa



Rys. 7.

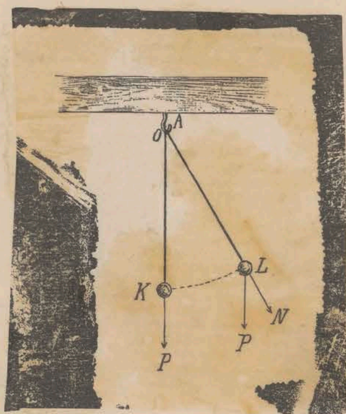
swobodnie, nie popchnąć prętem w żadnym bocznym kierunku. Urządzimy więc następujące doświadczenie. Wycinamy otwory w kilku kawałkach tektury (rys. 7), takie, żeby mogła przejść przez nie kulka z. ~~naszego~~ pionu. Jeśli pion, wisząc swobodnie, będzie przechodził przez środki otworów, ~~otwory~~ wówczas będą one przypadały pionowo jeden pod drugim; musimy przedewszystkiem tak ustawić kawałki tektury. Wciągamy teraz kulkę ponad otwór najwyższy, umocowujemy część nitki w położeniu pochyłem i tę część przepalamy, dotykając w A płomieniem; wtedy kulka spada bez bocznego popchnięcia. Zobaczymy, że przejdzie przez wszystkie otwory. Siła ciężkości ma więc kierunek pionowy ku ziemi.

§ 12. Siła Ciężkość w równowadze z innemi siłami

~~Jeśli~~ Gdy ujęliśmy drzewko ręką i

trzymamy je ręką nachylone do ziemi, wtedy siła sprężystości drzewka równoważy się z siłą naszych mięśni. Jeżeli drewko w tem położeniu utrzymuje ciężar, zawieszony na nici (rys. 5), wtedy siła sprężystości drzewka równoważy się z siłą ciężkości.

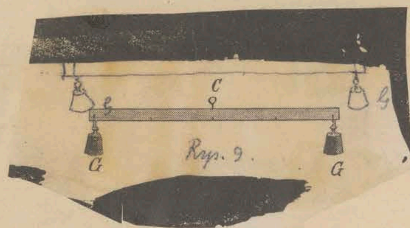
W pionie, wiszącym spokojnie (rys. 6), nitka wypręża się prosto pod działaniem siły ciężkości. Tu ciężkość kulki pionu równoważy się z mocą, z wytrzymałością nitki; pod działaniem bardzo znacznego ciężaru nitka się urywa, podobnie jak urywa się w ręku pod bardzo mocnem ciągnieniem. Drut metalowy ma większą wytrzymałość niż nitka. Drut taki, np. OK (rys. 8.), zakończony kulką i zawieszony na haku A, zachowuje się podobnie, jak pion. Wisi on spokojnie w położeniu pionowem OK, w każdem zaś innem położeniu, np. OL, zaczyna opadać ku OK. Przyczyna tego jest następująca. Drut



Rys. 8.

może się obracać na haku, a zatem będzie w równowadze tylko pod działaniem takiej siły, któraby go ciągnęła w jego własnym kierunku. Lecz ciężkość, która działa zawsze na dół pionowo, przypada w jego własnym kierunku jedynie tylko w położeniu OK. Gdyby np. w położeniu OL ciężkość działała w kierunku LN, mielibyśmy i tam równowagę; ale ciężkość działa tam w kierunku LP, więc równowagi niema, drut porusza się ku położeniu OK.

§. 13. Środek ciężkości.



Rys. 9.

Weźmy drążek drewniany (rys. 9.), wkręćmy w ~~samym~~ jego środku kółeczko C a na końcach uwiążmy jednakowe ciężarki G, G. Zawieśmy kółeczko na nitce lub na haczyku. Ujęwszy nitkę lub haczyk, możemy trzymać drążek w równowadze, t.j. tak, żeby się nie przechylał ani w jedną, ani w drugą

stroną; możemy nawet, nie psując równowagi, podnieść ~~go~~ F ku górze. A zatem dwa równe ciężary, działające na końce drążka, F równoważą się tutaj z siłą naszych mięśni, działającą na środek drążka. Dzięki drążkowi równoważymy lub podnosimy oba ciężary G, G tak, jakgdybyśmy bezpośrednio do nich przyłożyli naszą siłę. Możemy odwrotnie zastąpić te dwa ciężary G, G przez jeden, dwa razy większy ciężar F, wiszący w pośrodku C drążka (rys. 10.); wówczas potrzeba użyć takiej samej siły H jak poprzednio, ażeby zrównoważyć drążek lub podnieść go do góry. Podobnie, cztery ciężary G, G, G, G F możnaby zastąpić przez jeden, cztery razy większy ciężar F, wiszący w pośrodku. Siły zatem czyli ciężary G składają się tutaj na siłę F, która się też nazywa ich wypadkową i która je może zastąpić. Podobnież będzie w sztabie MN (rys. 12); możemy wystawić sobie, że składa się ona z osobnych części, z których każda ma swój ciężar; wszystkie te ciężary składają się na ciężar wypadkowy F, działający w punkcie C. Ów punkt C, w którym jak

F drążek

Rys. 10.

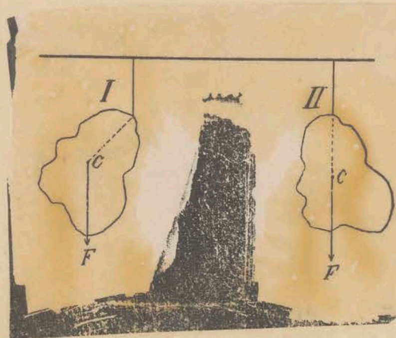
Rys. 11

Rys. 12

Proszę zważać na rys. 10 i 11 i nie pomylić ich, bo są bardzo podobne

F Można np. trzymać sztabę MN (i podobnie każdą laskę np.) w położeniu poziomem w równowadze, podpierając ją jednym palcem w punkcie C, czyli w jej środku ciężkości.

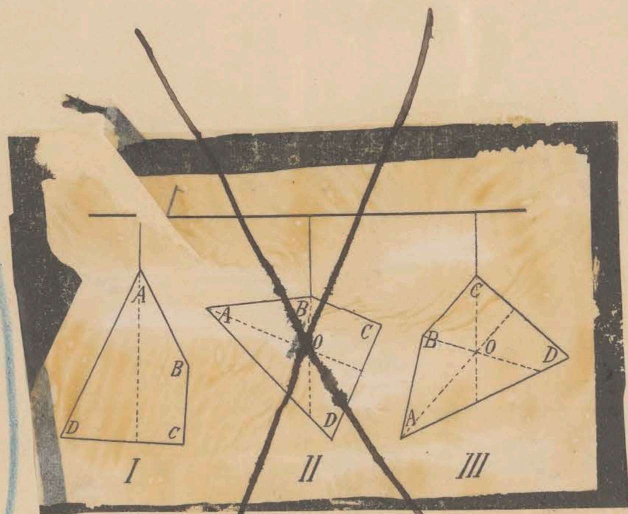
gdyby skupia się cały ciężar ciała, nazywa się środkiem ciężkości. Siła ciężkości działa na każde ciało tak, jak gdyby była przyłożona do jego środka ciężkości. F Jeśli ~~np.~~ ciało ~~jakkie~~ wisi na sznurku (rys. 13), ~~tedy~~ nie może ono być w równowadze, gdy środek ciężkości nie znajduje się wprost pod nicią, w jej bezpośrednim przedłużeniu. W położeniu więc I ciało nie będzie w równowadze, podobnie jak drut z kulką nie był w równowadze w położeniu AL (rys. 8) ~~F.~~ Przeciwnie, w położeniu II ciało będzie w równowadze.



Rys. 13.

(14, I

~~Zawieśmy deseczkę ABCD (rys. 14) na róg A i poprowadźmy na niej prostą, która w równowadze przypada w przedłużeniu nici. Zawieśmy deseczkę za drugi róg B i poprowadźmy znów taką samą prostą (rys 14 II). Ponieważ środek ciężkości deseczki leży na pierwszej i na drugiej prostej, więc znajduje się w ich miejscu przecięcia, w punkt.~~



Rys. 14.

Ten rysunek całkiem opuścić

NB Wskutek opuszczenia tego rysunku, N-ry porządkowe na blokach są odtąd o 1 większe niż w rękopisie. Np. Rys. 14 w rękopisie będzie to = Rys. 15 na bloku drewnianym.

~~cie O. Istotnie: jeśli zawiesimy de-
seczkę za trzeci róg C, poprowadzi-
my prostą w przedłużeniu nitki, prze-
konamy się, że prosta ta trafia także
w punkt O~~ (rys. 14, III).

Ciężar ciała zawieszonego na nici równoważy się z wytrzymałością nici, a ciężar ciała podpartego — z oporem podstawy. Ale wiemy, że cały ciężar ciała jest jakgdyby skupiony w środku ciężkości i działa na dół pionowo. Zatem: jeżeli linia pionowa, poprowadzona ze środka ciężkości, trafia w podstawę ciała, wtedy ciało stoi, czyli jest w równowadze. Jeśli zaś ta linia trafia po za obrębem podstawy, ciało przewraca się, bo ciężar jego nie znajduje oporu, któryby go równoważył. Tak więc wóz na równej drodze jest w równowadze, lecz na pochyłości linia, wychodząca pionowo na dół ze środka ciężkości, zbliża się ku kołom. Na rys. 15 widzimy położenie, w którem przechodzi ona

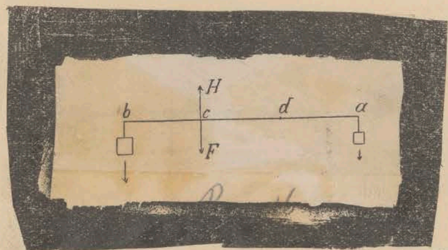


Rys. 15. (~~dawny~~ blok 15.)

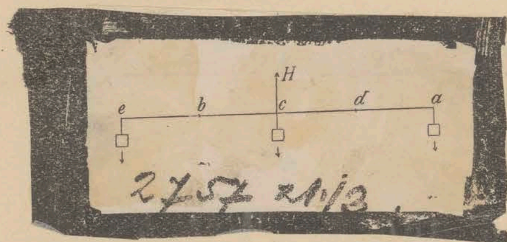
właśnie przez koło (lz); jeszcze naj-
mniejsze pochylenie a wóz musi
się przewrócić. ——

== Dlaczego trudno jest postawić
kij na stole; dlaczego pochylamy się
na lewo lub wyciągamy lewą rę-
kę, gdy niesiemy ciężar w prawej;
dlaczego, żeby mocno i pewnie sta-
nąć, rozstawiamy nogi jaknaj-
szerzej — ~~wszystko to~~ łatwo wytłu-
maczyć na mocy powyższego. —

Powróćmy jeszcze do drążka, o
którym była mowa na początku
artykułu. Gdybyśmy zawiesili na jed-
nym jego końcu ciężar dwa razy
większy, niż na drugim, drążek, za-
wieszony w pośrodku, nie byłby już
w równowadze, mocniej obciążony
koniec przeważyłby, t.j. przechyliłby
się ku dołowi. W jakiem miejscu
trzebaby było wkręcić teraz kółeczko,
żeby znowu zrównoważyć oba cięża-
ry jedną siłą? Wystawmy sobie
(ryc. 15.) drążek, obciążony na jednym
końcu (b) ciężarem ~~C~~ dwa razy większym,
niż ~~A~~ na drugim (a). Podzielmy



Ryc. 15 ~~Rysunek~~ 16



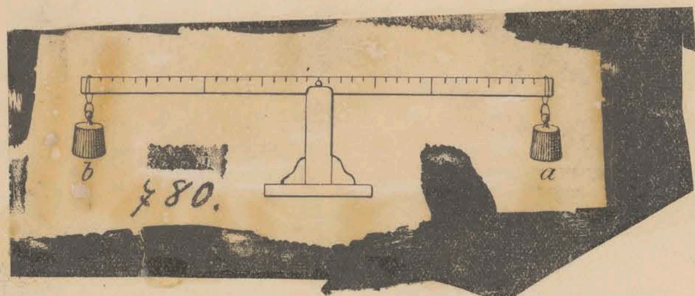
Ryc. 16 (~~Ryc.~~ 17)

długość od a do b na trzy równe części: bc, cd, da; powiadamy, że trzeba przyłożyć siłę H w punkcie c, żeby zrównoważyć nią oba ciężary wiszące w a i b. Istotnie: przypuśćmy na chwilę, że drążek nasz jest dłuższy, niż przódy, mianowicie (ryc. 16) dłuższy o długość be, równą każdemu z trzech odstępów bc, cd, da. Zamiast podwójnego ciężaru, wiszącego w punkcie b, mogłyby wówczas wisieć dwa pojedyncze ciężary w c i w e, albowiem, jak wiemy, dwa równe ciężary można zastąpić przez jeden, podwójny, wiszący pomiędzy niemi w pośrodku. Przyłożywszy teraz siłę H do punktu c, zrównoważymy nią najprzód ciężar w c a potem także ciężary w a i w e, ponieważ te dwa ostatnie są równe i wiszą jednakowo daleko od c. Zatem ten drążek będzie w równowadze, a tem samem i poprzedni (ryc. 15) będzie w równowadze, gdy przyłożymy siłę H w punkcie c. ~~A zatem~~ Powiadamy podobnie,

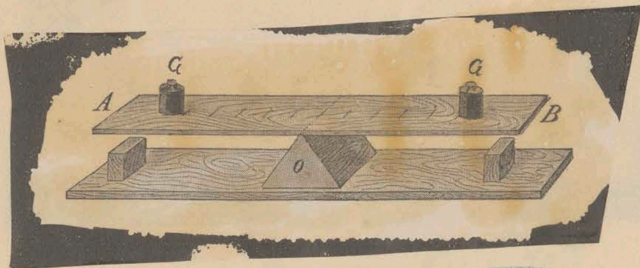
jak widzimy: ciężar A i dwa razy mniejszy ciężar B składają się na siłę wypadkową F; ta wypadkowa działa na punkt, który leży dwa razy dalej od A niż od B. Tak więc w ciele, składającem się z części niejednakowo ciężkich, środek ciężkości musi przypadać stosunkowo dalej od lżejszych, a bliżej ~~niż od~~ cięższych części. Jeśli laska ma ciężką gałkę, trzeba podpierać ją palcem bliżej gałki, a nie w środku, żeby utrzymać równowagę w położeniu poziomem.

§. 14. Dźwignia.

Jak w §.13-ym, weźmy drążek drewniany (rys. ~~18~~ 17), na końcach uwieśmy dwa jednakowe ciężarki a, b; lecz zamiast zawieszać go na nitce, utwierdźmy w nim w środku oś i tą osią połóżmy go na podstawce. Oba ciężary, działające na końce drążka, równoważy teraz opór podstawki, który działa na jego środek; drążek będzie więc w równowadze, tak samo jak poprzednio, w §.13-ym. Nazywamy podobny przyrząd **dźwignią**; a części jego od osi aż do punktu zawieszenia ciężaru — **ramionami dźwigni**. Zatem



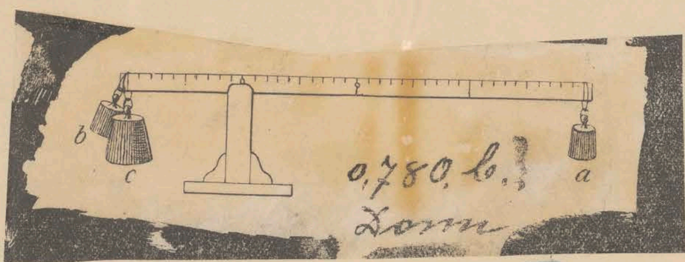
Rys. 17 (blok 18)



Rys. 18 blok 19

dźwignia, przedstawiona na rys. 18ym jest równoramienna. Inną dźwignię widzimy na rys. 18; składa się ona z deseczki AB, położonej na trójkątnej podstawce O. I ona będzie w równowadze, gdy jednakowe ciężarki GG stać na niej będą w jednakowej odległości od podstawki. Powiadamy zatem: potrzeba ~~[illegible]~~ do równowagi dźwigni równoramiennej, żeby ciężary jednakowe działały w odległości jednakowej od osi obrotu, t.j. żeby działały na ramiona jednakowe.

Zawieśmy teraz na dźwigni rys. 18., lub połóżmy na dźwigni rys. 19., ciężary nie jednakowe w odległości jednakowej od osi; równowagi nie będzie. Czego więc potrzeba do równowagi, gdy ciężary są niejednakowe? możemy to wywnioskować z tego, co powiedzieliśmy przy końcu §.13go. Weźmy np. jakiś ciężar ~~[illegible]~~ i inny ciężar ~~[illegible]~~ dwa razy większy. ~~[illegible]~~ Z rys. 15go widzimy, że do równowagi dźwigni, na którą ~~[illegible]~~ działają takie dwa ciężary, potrzeba, ażeby podstawka (czyli oś obrotu) była umieszczona ~~[illegible]~~ (dwa razy bliżej większego ciężaru ~~[illegible]~~; innemi słowy, potrzeba, ażeby



Rys. 19. Hok 20

ciężar ~~[illegible]~~, dwa razy większy, dawać na ramię ~~[illegible]~~, dwa razy krótsze. ~~Tak razem~~, Gdyby jeden ciężar był trzy razy większy od drugiego, musiałby dla równowagi dawać na ramię trzy razy krótsze. Widzimy takąż równowagę na rys. 19; a i b są to ciężarki jednakowe, c zaś waży tyle, ile a i b razem wzięte ~~[illegible]~~. A zatem ciężar b i c razem wzięty jest trzy razy większy niż ciężar a; to też ramię tego potrójnego ciężaru jest trzy razy krótsze od ~~trzecią częścią~~ drugiego ramienia. Podobne doświadczenia łatwo możemy zrobić na dźwigni z rys. 18-go.

§. 15. O pracy.

Gdy ~~Kiedy~~ murarze budują dom, wówczas jedni wnoszą cegły, kamienie, wapno i t. d. na wysokość tego piętra, jakie jest w robocie; inni, za pomocą lin, wciągają na tę wysokość ~~żelazne albo~~ drewniane belki. Taką czynność

mierzony wykonywaniem <u>pracy</u>. Do zbudowania domu potrzeba cegieł, kamieni, wapna, piasku, drzewa i t.d.; ale nadto potrzeba też <u>pracy</u>, potrzeba znacznej pracy. Jeden człowiek np., bez niczyjej pomocy, musiałby pracować wiele lat, zanim by dom duży zbudował. Żeby dom zbudować, potrzeba wykonać pewną, określoną pracę; trzeba np. wnieść tyle a tyle cegieł na pierwsze piętro, tyle a tyle na drugie i t.d.; ~~tego~~ w żaden sposób bez pracy tego dokonać nie można. Żeby zbudować dom trzypiętrowy, trzeba większej pracy, niż żeby zbudować ~~dom~~ dwupiętrowy. Widzimy zatem, że <u>praca</u> bywa większa i mniejsza; że praca jest czemś, co można mierzyć. Wnieść np. 20 cegieł na pierwsze piętro, wymaga pracy dwa razy takiej, jak wnieść ich 10 na to samo piętro. Wnieść 10 cegieł z ~~parteru~~ dołu na pierwsze piętro, lub wnieść je z pierwszego piętra na drugie — wymaga pracy tej samej, jeżeli, przypuśćmy, obadwa

~~Jak powiedzieliśmy, praca jest czemś, co można mierzyć. Żeby ją pracę zmierzyć, należy [illegible] ją porównywać (§) z pewną pracą, obraną za jednostkę. Obieramy np. za jednostkę pracę, jaką trzeba wykonać, żeby pewien, obrany ciężar podnieść o 1 met.~~

piętra są jednakowo wysokie. A zatem wniesienie cegieł z ~~parteru~~ dołu na drugie piętro wymaga wówczas dwa razy tyle pracy, jak wniesienie ich na pierwsze. Powiadamy ogólnie: podniesienie ciężaru o pewną wysokość wymaga pracy tem większej, im znaczniejszy jest ciężar i im większa wysokość, o jaką go podnosimy.

§. 16. Praca a siła.

Robotnik, wnosząc cegły na wysokość piętra, musi równoważyć ich ciężkość siłą swoich mięśni (§. 11.), gdyż inaczej zaczęłyby zaraz ~~lecieć~~ spadać ku ziemi. A zatem, żeby wykonać pracę, trzeba mieć siłę; ale można mieć siłę, a nie wykonać pracy. Naprzykład, jeśli robotnik stoi i trzyma cegłę w ręku nieruchomo, wówczas wywiera siłę, ale nie wykonywa pracy. Jeśli podnosi cegłę w ręku, wykonywa pracę; jeśli, obarczony cegłami, wchodzi na górę, wykonywa jeszcze większą pracę, bo przezwycięża

nietylko ciężar cegieł, ale i swój własny.

Przypuśćmy, że dwóch robotników ⌈ (np. A i B) — ~~(np. A i B)~~ wnosi cegły na wysokość piętra; A i B mają każdy np. po 100 cegieł do wniesienia. Mają więc jednakową pracę do wykonania; ale A jest w stanie dźwignąć odrazu 20 cegieł, gdy B tylko 10 może dźwignąć odrazu. Wówczas A, żeby swoją pracę wykonać, wejdzie 5 razy na piętro, gdy tymczasem B, ażeby swoją wykonać, będzie musiał wejść 10 razy. Przypuśćmy, że piętro ma wysokość ~~6~~ 4 metry; w takim razie A, idąc wprost w górę, obędzie (ogółem) drogę 20 metrów, B zaś — drogę 40 metrów. A więc siła dwa razy mniejsza, ale pracująca przez drogę dwa razy dłuższą, wykonywa pracę tę samą. ~~To prawda wynika też odrazu z poprzedniego artykułu. Jednakże, gdyby B wszedł 5 razy na podwójną wysokość 12 metrów (np. na drugie piętro, zamiast na pierwsze wejść 10 razy), byłby wykonał pracę taką samą, jak dawniej,~~ i ~~takąż samą, jak A wykonał. Podwój-~~

~~sienie pewnego ciężaru o pewną wysokość wymaga pracy tej samej, jak podniesienie połowy ciężaru o wysokość podwójną.~~ –

§. 17. O energii.

Robotnik, który bierze 10 cegieł na siebie, za każdym razem, gdy wchodzi na piętro, mógłby zapewne udźwignąć 12, gdyby się nieco wysilił, a nawet może 15 i więcej. Ale, podczas gdy mógł, biorąc po 10 cegieł, pójść z niemi do góry np. trzydzieści razy z rzędu, teraz, obarczony 15 cegłami odrazu, zmęczy się znacznie wcześniej. A zatem człowiek może wywrzeć chwilowo siłę większą lub mniejszą, ale pracę może wykonać tylko ograniczoną. W każdym z nas jest jakby pewien zapas pracy, z którego możemy czerpać, jakby pewien <u>zasób pracy</u>, który możemy wydawać; gdy wszystek wydamy, nie jesteśmy zdolni do dalszego wykonywania pracy, aż nowy zasób w nas się nagro-

Ze wielkie liczby na [illegible]

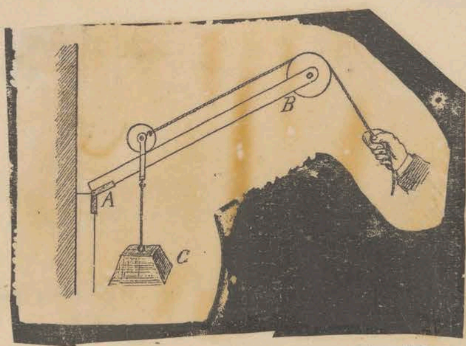
Czy by [illegible] można porównać [illegible] [illegible] [illegible] [illegible] zasób?

wadzi. Taki zasób pracy gotowej do wydania, nazywamy energią. Gdy ktoś pracuje, wydaje swoją energię, wydaje ją na wykonywanie pracy; jeśli próżnuje, wtedy przechowywa, co prawda, zasób swój nienaruszony, nie wydaje swojej energii, ale nie ma też z niej żadnego pożytku. Energia jest jakby bogactwem, z którego wydatkiem jest praca.

§. 18. Praca [~~przeciwko~~ wbrew] ciężkości.

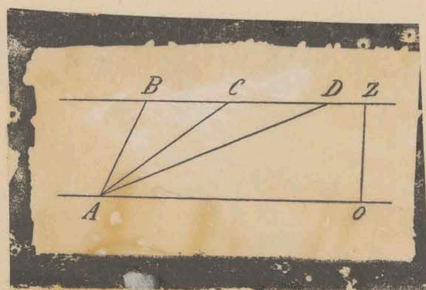
Siła ciężkości działa w kierunku pionowym ku dołowi (§. 11), a zatem sprzeciwia się ~~[illegible]~~ podnoszeniu się ciał prosto do góry, tj. ruchowi ich pionowemu do góry. Dlatego też trzeba wykonywać pracę, żeby podnosić ciała do góry.

Spróbujmy teraz podnosić jakie ciało nie wprost do góry, lecz w kierunku pochyłym. Ciężar C np. możemy (rys. 20) przesuwać po pochyłym drążku AB za pośrednictwem sznurka i dwóch kółek, z których jedno toczy się po drążku a drugie, osadzone



Rys. 20. klok 21

na końcu, kręci się swobodnie. Ustawmy drążek prawie zupełnie pionowo; ciągnięcie będzie wymagało ~~dużego~~ znacznego wysiłku. Nachylajmy drążek ~~go~~ ku poziomemu położeniu; ciągnienie będzie wymagało coraz mniejszego wysiłku. Siła ciężkości coraz mniej będzie się opierała ruchowi. Ruchowi poziomemu siła ciężkości nie sprzeciwia się wcale. — Lecz, im drążek jest bardziej nachylony do poziomu, tem dłuższą drogę musi odbyć ciężar, ażeby się podnieść o pewną wysokość. Przypuśćmy np. że AO na rys. 21 wyobraża poziom podłogi w pokoju, a BCDZ — poziom sufitu. Jeśli w tym pokoju ciężar wznosi się z podłogi na sufit, ~~prostopadle~~ istotne podniesie, nie będzie zawsze OZ, długość zaś drogi będzie tem większa, im znaczniejsze jej nachylenie (AB, AC, AD). Lecz, jak wiadomo z § 16-go, praca zależy zarazem i od siły, jaka pracuje i od długości, przez którą pracuje; a ~~A~~ zatem: praca, potrzebna do podniesienia ~~pewnego~~ ciężaru nie zależy od nachylenia drogi, lecz tylko od wysokości ~~prawdziwego~~ istotnego podniesienia się jego. ~~Albowiem (§. 16) praca zależy zarazem i od siły jaka pracuje, i od długości~~



Ryp. 21 (blok 22)

~~[illegible], [illegible] którą [illegible]~~

§. 19. Tarcie.

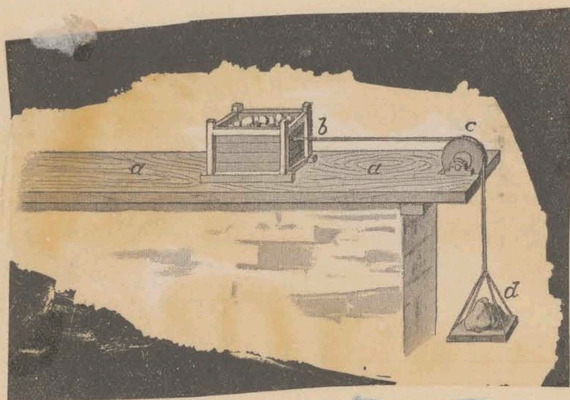
Jeśli siła ciężkości nie sprzeciwia się poziomemu ruchowi, czemuż tedy tak trudno posunąć kamień po ziemi lub skrzynię po podłodze? Oto z powodu tarcia kamienia o ziemię, z powodu tarcia skrzyni o podłogę, nie z powodu ciężaru kamienia lub ciężaru skrzyni. Na całkiem inny opór natrafiamy, jeśli chcemy wóz podnieść, niż jeśli chcemy go ciągnąć. W pierwszym razie mamy do czynienia z ciężarem wozu, w drugim razie z tarciem kół o ziemię i osi o panewki. Co innego więc tarcie, a co innego ciężar. Kamień doznaje znacznego ~~[illegible]~~ tarcia o sukno, a znacznie mniejszego o szkło lub lód; tymczasem ciężar kamienia jest oczywiście zawsze taki sam ~~jednakowy~~, czy (kamień) leży ~~on~~ na suknie, czy na szkle, czy na lodzie.

Pokonanie oporu, wynikającego

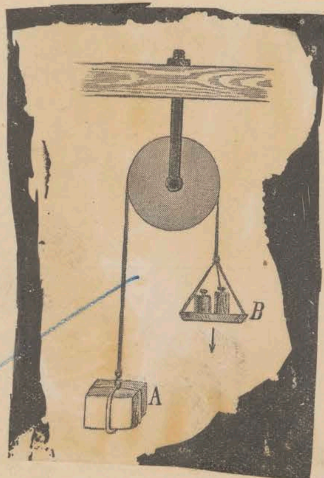
z tarcia, wymaga pracy, podobnie jak przezwyciężenie siły ciężkości jej wymaga.

§. 20. Praca siły ciężkości, praca siły sprężystości.

Kiedy człowiek wykonywa pracę, np. podnosi ciężar lub przezwycięża tarcie, możemy powiedzieć, że pracę tę wykonywa siła jego mięśni. Jak siła mięśni człowieka może wykonywać pracę, podobnież każda inna siła może ją wykonywać. Naprzykład siła ciężkości może pracować. Jeśli np. ciężar d, opadając (rys. ~~23~~ 22), za pośrednictwem sznura przerzuconego przez kółko czyli bloczek c, ciągnie skrzynkę b po stole (aa), wtedy ~~tutaj~~ siła ciężkości będzie wykonywała pracę, która wychodzi na pokonanie tarcia. Jeśli ~~[illegible]~~ jak na rys. 23im ciężar większy B, opadając, podnosi do góry ciężar mniejszy A, wtedy ~~tutaj~~ siła ciężkości, działająca na B,



Rys. 22. (blok 23)



Rys. 23. (blok 24)

Ta linia ma być pionowa

dostarcza pracy, potrzebnej do pokonania ciężkości ciała A a nadto jeszcze i tej pracy dostarcza, jaką zużyje tarcie sznurka o blok i osi bloka o panewkę, w której się kręci.

Podobnie i siła sprężystości może wykonywać pracę. Gdy np. zgięte drzewko się wyprostowywa, może podnieść jakiś ciężar do góry lub przezwyciężyć jakieś tarcie; to samo może uczynić skręcona sprężyna, gdy się rozkręca. W zegarku kieszonkowym siła sprężystości dostarcza pracy, potrzebnej do pokonywania tarcia kółek i osi, w zegarze zaś ściennym czyni to siła ciężkości.

§. 21. Energia skręconej sprężyny i podniesionego kamienia.

Sprężyna skręcona jest każdej chwili gotowa do wykonania pracy; lecz, żeby ją wykonać, musi się rozkręcać. Gdy całkowicie się rozkręci, dalej już nie może dostarczać pracy. Zegarek nakręcony np. idzie przez pewien

przeciąg czasu; później zatrzymuje się, bo sprężyna, która go poruszała, jest rozkręcona. A zatem skręcona sprężyna posiada jak gdyby pewien <u>zasób pracy</u>, gotowej do wydania; gdy go wyda wszystek, przestaje być zdolna do wykonywania pracy. Ten zasób pracy nazywamy <u>energią</u> skręconej sprężyny, podobnie jak energią człowieka nazywaliśmy (str. 17) zasób pracy, do której człowiek niezmęczony jest zdolny. Powiadamy, że skręcona sprężyna <u>ma pewną energię</u>; gdy pracuje, wydatkuje z tej energii; (a) gdy już wyda całą, jest wyczerpana, dalszej pracy dać już nie może.

Podobnie kamień, lub inny jakikolwiek ciężar, jest gotów do wykonania pracy, jeżeli może F ~~ze swego miejsca opuszczać się niżej. Ażeby wykonywać pracę, musi się opuszczać.~~

F zejść jeszcze niżej, niż się w danej chwili znajduje; ażeby wykonywać pracę, kamień musi się obniżać.

Np. jeżeli ciężar <u>d</u> (rys. 22) obniży się aż do podłogi, nie będzie mógł dalej pracy dostarczać na pokonywanie tarcia. A zatem kamień

podniesiony posiada pewien zasób pracy, gotowej do wydania, który też nazywamy energią kamienia. Kamień, który już nie może ~~opuścić się~~ zejść niżej, wydał energię, jaką posiadał, podobnie jak rozkręcona sprężyna już wydała.

§. 22. Praca nie tworzy się z niczego.

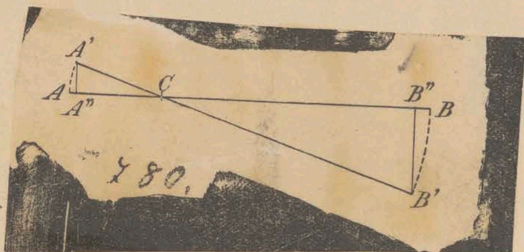
Różnemi sposobami możemy podnieść ciężar do góry. Możemy go podnosić wprost ręką, albo wciągnąć wzdłuż pochyłego drążka (§. 18); możemy go ciągnąć za pośrednictwem sznura i bloka (§. 20), podnosić za pomocą dźwigni (§. 17) i wielu innemi jeszcze sposobami. Jakimkolwiek sposobem będziemy ciężar podnosili, samo podniesienie pewnego ciężaru o pewną wysokość zużyje pewną, określoną ilość pracy i ani mniej, ani więcej. W pewnych razach może odbywać się, oprócz podnoszenia, coś innego, co wymaga pracy dodatkowej, np. tarcie; z takiej dodatkowej pracy

możemy coś oszczędzić, ależ właściwej pracy samego podnoszenia niepodobna nic żadnym sposobem oszczędzić. Podnosząc ciężar, nie możemy wykonać ~~jej~~ mniej pracy i nie możemy ~~właściwie~~ wykonać jej w tym celu więcej, bo praca dodatkowa zostanie zawsze zużyta na coś innego, nie na samo podnoszenie. Naprzykład, jeśli oś bloku jest niewysmarowana, podnoszenie ciężaru będzie kosztowało wiele pracy; ale nadmiar pracy naszej nie pójdzie na podnoszenie ciężaru, ~~tylko~~ lecz na pokonanie znacznego tarcia.

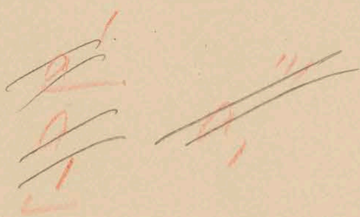
= Ale, jak wiadomo (§. 16), określoną jakąś pracę może wykonać siła mniejsza i większa. To więc może sprawić jakiś przyrząd, żeby siła mniejsza wykonywała taką pracę, do jakiej bez niego potrzebna byłaby siła większa. Ale czego żaden przyrząd sprawić nie może, to stworzyć choćby najmniejszą ilość pracy ~~[illegible]~~.

Żaden przyrząd nie wykona więcej pracy, niż mu jej dostarczamy. Oto co to znaczy.

[illegible] dźwigni ~~np.~~ można zrównoważyć (§. 14) duży ciężar małym



Rys. 2~~5~~4. blok 25



ciężarem. Niechaj będzie ~~ABC~~ ACB (rys. 2~~5~~4) dźwignią, C osią obrotu i niechaj BC = 3 razy AC. W takim razie ciężar, wiszący w A, można zrównoważyć w B ciężarem trzy razy mniejszym; a dodając jeszcze w B choćby najmniejszy ciężarek, można A przeważyć, t.j. podnieść ciężar A do góry. Małą więc siłą można, za pomocą dźwigni, pokonać ~~dużą~~ znaczną siłę. Ale jeśli ciężar A jest trzy razy ~~cięższy~~ większy od B, musimy go zawiesić trzy razy bliżej osi obrotu. Zatem poruszenie się dźwigni podniosłoby A o wysokość trzy razy mniejszą, niż wysokość, o którą obniżyłoby B. Tak np. podniesienie się A'A'' jest trzecią częścią obniżenia się B''B'. Gdy zaś praca, zużywana w podnoszeniu (albo dostarczana nam w obniżaniu się ciężaru) zależy nie tylko od wielkości ciężaru, ale i od wysokości przebytej (§. 15, §. 18), przeto widzimy, że dźwignia na podnoszenie A wydaje tyle pracy, ile jej dostarcza obniżanie się B. Dźwignia więc nie daje żadnej oszczędności w pracy; ~~nawet~~

z powodu tarcia osi o panewkę, musimy nawet w dźwignię włożyć nieco więcej pracy, niż ona nam zwróci. —

§. 23. Praca nie ginie.

Żeby skręcić sprężynę, trzeba wykonać pracę; ale też za to sprężyna, skoro jest skręcona, ma energię (§. 21), czyli sama teraz może wykonać pracę. A zatem praca, którą wydaliśmy na skręcenie, nie zginęła, nie jest stracona; sprężyna skręcona może nam każdej chwili ją zwrócić. Podobnież, żeby podnieść kamień, trzeba wykonać pracę; ale praca ta nie zginęła, gdyż kamień podniesiony ma energię, więc może nam zwrócić pracę, którą wydaliśmy na podniesienie.

Przypuśćmy, że podnieśliśmy kamień o pewną wysokość i że następnie puściliśmy go swobodnie; kamień spada na dół ku ziemi. Na cóż została tu zużyta praca, którą wydaliśmy dla podniesienia kamienia?

Została ona zużyta na ~~ożywienie, na~~ przyśpieszenie ruchu ku ziemi. Zdjąwszy np. nieco ciężarków z szalki B na bloku (rys. 24), sprawimy, że ciężar A pocznie powoli opadać; jeśli nagle wszystko z B zdejmiemy, A odrazu na dół poleci. Tu zatem praca, której dostarcza opuszczanie się ciała A, zużywała się najprzód na pokonywanie ciężkości B, a kiedy tego oporu zabrakło, obróciła się na wzmożenie ruchu samego spadającego ciała.

Stąd wnosimy, że nadanie jakiemuś ciału pewnej prędkości jest także pracą, wymaga także wykonania pracy. Żeby rzucić kamień w górę, trzeba wykonać pracę tak samo, jak żeby go w górę wciągnąć lub podnieść; tylko, gdy się go rzuca, wykonywa się pracę odrazu, gdy się go wciąga lub podnosi, wykonywa się ją powoli, stopniowo.

Widzimy dalej, że kamień, gdy został rzucony, nabył przez to pewnej energii. Naprzykład Kamień rzucony może coś przewrócić, złamać lub

potłuc; kula wystrzelona może przebić ścianę; tymczasem kamień lub kula, leżąc na ziemi, nie mogą uczynić nic podobnego. Młotek samym swoim ciężarem nie wciśnie gwoździa do deski; trzeba F młotkiem, żeby pokonać opór deski. F ~~Zatem ciało~~, które się porusza, posiada pewną energię dzięki temu ruchowi. A zatem też praca, jaką musimy wykonać, ażeby ten ruch ciału nadać, nie ginie, nie jest stracona; ciało poruszające się może nam ją zwrócić, bo posiada energię, energię ruchu. –

F uderzyć

F Mówimy wprost o zamachu lub rozmachu ciała, które się porusza; chcemy przez to powiedzieć, że ma ono wówczas energię. Ciało →

zgrabnie

[illegible]

§. 24. Bezwładność.

Pojmujemy teraz, dlaczego ciała same przez się nie przechodzą nigdy ze spoczynku w ruch (§.9.). Albowiem, gdy ciało się porusza, ma energię ruchu, a tej energii nie może sobie samo przez się wytworzyć; do ~~tego~~ F potrzeba bowiem pracy, a więc działania siły jakiejś zewnętrznej. Dalej, jeżeli ciało już jest w ruchu, a więc już posiada

F wytworzenia energii

pewną energię (ruchu), wówczas nie może samo przez się tej energii powiększyć, a zatem nie może samo przez się począć odrazu poruszać się prędzej. Do tego potrzeba pracy, a więc działania siły zewnętrznej.

Jak samo przez się ciało nie może zwiększyć swej energii, tak też samo przez się nie może jej zmniejszyć. Ciało tylko wtedy traci na energii, kiedy wykonywa pracę, więc kiedy przezwycięża opór jakiejś siły zewnętrznej. A zatem poruszające się ciało ~~musi zachowywać~~ odbywa ruch swój bez zmiany, dopóki mu w tem żadna obca siła nie przeszkodzi. I podobnież spoczywające ciało ~~musi~~ zachowuje ~~zachowywać~~ spoczynek swój bez zmiany, dopóki go do ruchu ~~tego~~ żadna obca siła nie zmusi. Takie zachowywanie się ciał nazywamy bezwładnością.

Przykłady bezwładności spotykamy codziennie. Wyskakując z biegnącego powozu, czujemy, że nasze ciało dąży do zachowania ~~swego~~

[illegible] „musi”, [illegible] nie lepiej [illegible] [illegible] Wogóle [illegible] „musi”.

ruchu. Gdy stoimy w biegnącym wagonie a pociąg nagle zwalnia, stopy nasze oparte o podłogę, zwalniają swój bieg, ale reszta ciała przez bezwładność pochyla się naprzód. Wprost przeciwnie: jeśli stoimy w wagonie nieruchomym, a pociąg nagle ruszy, przechylamy się w tył przez bezwładność. Z podobnego powodu gmachy i budynki pękają i rozpadają się na skutek trzęsienia ziemi; fundamenty poruszają się nagle, reszta zaś budowli trwa przez bezwładność w swym poprzednim spoczynku. Korzystamy z bezwładności, gdy strząsamy z drzewa dojrzałe owoce; przez bezwładność długi kij drewniany łamie nam się w ręku, gdy, trzymając za jeden koniec, próbujemy ~~siłą~~ nagle wywijać nim bardzo prędko.

Może inny przykład, bo u nas trzęsienie ziemi jest prawie nieznane.

— Jeżeli, znajdując się w wagonie, upuściliśmy pieniądz na podłogę, wówczas spadnie on do stóp naszych, bez względu na to, czy wagon biegnie, czy jest zatrzymany. To dowodzi, że ru-

F Płynąc czółnem, wyrzućmy piłkę pionowo do góry; nie wpadnie ona do wody po za czółnem, lecz wróci do rąk naszych. A zatem piłka podczas swego lotu w powietrzu zachowuje ruch, jaki miała, zanim została wyrzucona do góry, t.j. ruch czółna.

nętę, nawet i wtedy, kiedy spada przez powietrze (kiedy przeto nic jej nie ciągnie ani nie popycha), zachowuje ruch ~~taki~~, jaki miała, zanim została puszczona (por. §. 8.). F



Rzućmy kamień pionowo do góry; spadnie on ~~na~~ w to samo miejsce, z którego został rzucony. Ale wiemy, że kula ziemska obraca się dookoła osi, a zatem każdy punkt na ziemi musi w ciągu 24 godzin obiedz koło, którego promieniem jest jego odległość od osi ~~kuli~~ ziemi. Koło to jest ~~wszędzie~~ ogromne, gdzie daleko od osi, więc np. na równiku jest największe; ale i w naszym kraju jest tak wielkie, że każde miejsce na ziemi przebiega u nas około 300 metrów na sekundę wskutek obrotu ziemi. A zatem kamień rzucony pionowo do góry, znalazłby się za powrotem na ziemię bardzo daleko od miejsca, z którego wybiegł, gdyby nie bezwładność. Na przykład, jeśli bieg do góry i spadanie napowrót zajęło 5 sekund, zna

~~leciałby się o półtora kilometra od miejsca, z którego został rzucony, gdyby nie bezwładność.~~



Jeżeli wózek, popchnięty po drodze, zatrzymuje się, jeżeli rozkołysana huśtawka się uspakaja, jeżeli koło na osi, wprawione w obrót, powoli przestaje się kręcić, dzieje się to wszystko nie dlatego, żeby te ciała nie miały bezwładności, lecz dlatego, że w swym ruchu im, są przeszkodą: tarcie (§19.), a do tego potrzebna jest praca, która też bierze się z energii poruszającego się ciała. To też po gładkiej posadzce kula toczy się dłużej, niż po suknie; po lodzie wózek potoczy się dalej, niż po ziemi. Rozpędzony wagon biegnie długo sam przez się po szynach; łyżwiarz sunie daleko po lodzie mocą samej bezwładności. –

§. 25. Masa.

Bezwładność ciał pochodzi więc stąd, że ciało, które się porusza,

ma energię; ażeby mu tę energię ~~na~~dać, trzeba wykonać pracę. Ale bardzo rozmaita jest energia, jaką mają rozmaite ciała, poruszające się z jednakową prędkością. Gdyby np. główka młotka była zrobiona z drzewa lub z korka, uderzenie takiego młotka sprawiałoby oczywiście skutki nieporównanie mniejsze, niż uderzenie młotka o główce żelaznej. Żeby to wyrazić, powiadamy, że żelazna główka ma większą <u>masę</u>, niż drewniana lub korkowa; to znaczy, że, poruszając się z jednakową prędkością, ma <u>większą energię ruchu</u>. Podobnież duży kawał żelaza ma masę większą, niż mały kawałek żelaza; ciężkim dużym młotem można wbić gwóźdź w zbitą ścianę, bardzo lekko nim uderzając.

~~Jednakowoż~~ Skoro ciało, przy pewnej prędkości, ma tem większą energię, im większą ma masę, tedy tem znaczniejszej wówczas pracy potrzeba, ażeby w niem tę prędkość wytworzyć. Popchnijmy jednakowo mocno ~~sp~~ ~~za~~ po kolejce (jakże

bywają po fabrykach i kopalniach) jeden wózek pusty, a drugi naładowany; pusty potoczy się dalej, więc prędkość, jakąśmy w nim wytworzyli, była większa. Powodem tego była jego masa (mniejsza) ~~ma~~. Że istotnie tak jest, ~~że tu np. [illegible]~~ widzimy stąd, że znacznie trudniej jest powstrzymać w biegu wózek naładowany, niż wózek pusty, jeśli rozpędzimy jednakowo jeden i drugi. Wózek naładowany ma większą masę, zatem większą energię ruchu przy jednakowej prędkości, więc nic dziwnego, że mu tę jego większą energię odebrać jest trudniej.

§. 26. Masa a ciężar.

~~Wiemy, że gałka żelazna jest cięższa, niż drewniana lub korkowa; że duży kawał żelaza jest cięższy, niż mały; że wagonik wózek naładowany jest cięższy niż próżny. Zatem z pewnością (związek) jakiś ~~masa~~ zachodzi pomiędzy ciężarem a masą. Z po-~~

§ 26. Masa a ciężar.

Powiedzieliśmy, że główka młotka żelazna ma większą masę, niż drewniana lub korkowa; że duży kawał żelaza ma większą masę niż mały; że wózek naładowany ma większą masę niż pusty. Ale wiemy, że główka żelazna jest też i cięższa, czyli ma ciężar większy, niż drewniana lub korkowa; że duży kawał żelaza ma ciężar większy, niż mały kawałek; że wózek naładowany ma ciężar większy niż pusty. Pokazuje się więc, że ciało, które ma większą masę, ma też i większy ciężar.

Lecz cóż to jest ciężar ciała? Jest to siła, z jaką ziemia ciągnie ciało to ku sobie. Gdy ciało spada (swobodnie), zbliża się ono ku ziemi pod działaniem tej właśnie siły. Wystawmy sobie ~~zatem~~, że np. główka od młotka żelazna spada swobodnie i że jednocześnie główka ~~żelazna~~ ~~korkowa~~ (drewniana) też spada swobodnie. Zróbmy to doświadczenie, zobaczymy, że spadają one jednakowo prędko. Jeśli zaczęły spadać razem, to razem też dochodzą do podłogi. Jakim sposobem tak się dzieje? Przecież na główkę żelazną działa siła większa, mianowicie większy jej ciężar? Tak jest; ale główka żelazna, która ma ciężar większy,

~~V (§25)~~

ma też i masę większą. Większa masa potrzebuje właśnie działania większej siły, ażeby nabyć prędkość taką samą. Wystawmy sobie np., że na zupełnie gładkiej drodze albo na szynach, stoją dwa wózki, jeden o masie dwa razy większej niż drugi. Jeśli popchniemy je jednakowo mocno, wózek masywniejszy potoczy się oczywiście z mniejszą prędkością. Ażeby obadwa wózki nabyły jednakowych prędkości, potrzeba dwa razy mocniej popchnąć wózek dwa razy masywniejszy, czyli przyłożyć doń siłę dwa razy większą. Zupełnie podobnie mają się rzeczy ze spadającemi ciałami. Jeśli ciała ~~[illegible]~~ bardzo masywne i mniej masywne spadają jednakowo prędko, to widocznie na ciała masywniejsze działa siła przyciągania ziemi większa, na mniej masywne – siła mniejsza. Jeśli (jeśli A, masa) dwa razy większa od innej B, spada dokładnie tak samo, jak B, to widocznie siła przyciągania ziemi, działająca na A, czyli ciężar A jest też dwa razy większy od ciężaru B. Jeśli wszystkie ciała, spadając swobodnie, nabywają prędkości jednakowych, jest to dowodem, że ciężary ciał są do siebie w stosunku takim, w jakim są masy tych ciał.

Mogłoby się wydawać, że nie wszystkie ciała nabywają prędkości jednakowych w spadaniu swobodnem;

Str. 61. „np. kamyk –

~~Zatem~~

dając swobodnie, prędkości takiej sa-
mej, jak A; albowiem masa trzy
razy większa potrzebuje działania si-
ły trzy razy większej do nabycia ta-
kiej samej prędkości. Podobnież ka-
mień B, dwa razy cięższy od A, na-
będzie takiej samej prędkości jak A
pod działaniem ciężkości, jeżeli ma
masę dwa razy większą. Powiedz-
my ogólnie: jeżeli ciężary ciał są
w takim stosunku do siebie, w jakim
są masy ciał - jeśli, jak się mówi, są pro-
porcjonalne do mas -; w takim razie
wszystkie ciała powinny nabywać, spa-
dając swobodnie, prędkości jednakowych.

~~Przypuśćmy, że~~

~~Lecz oto nie widzimy codzien-
nie, że jedne ciała spadają prędzej,
niż inne?~~

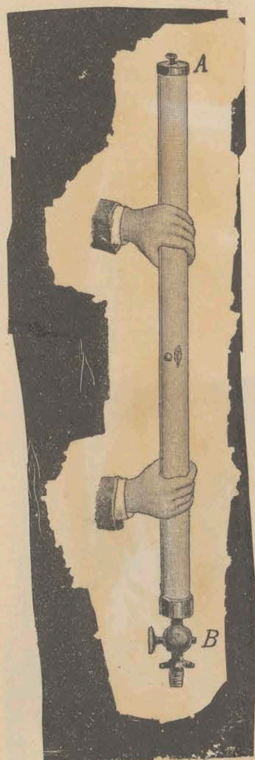
~~Zdawałoby się, że wszystkie ciała nie nabywają prędkości jednakowych w spadaniu ku ziemi.~~

Np. kamyk, moneta,
kulka metalowa spadają widocznie
prędzej, niż lekkie piórko lub skra-
wek papieru. Pamiętajmy jednak-
kowoż, że spadanie, jakie widujemy
zwyczajnie, odbywa się w powietrzu;
a ciało poruszające się w powietrzu,
doznaje oporu. Powiewając np.
wachlarzem, lub arkuszem tek-

rury, wryjemy opór powietrza. Trzeba uwolnić ciała spadające od tego oporu, ażeby podlegały jedynie działaniu siły ciężkości. -

§. 27. W próżni wszystkie ciała spadają równie prędko.

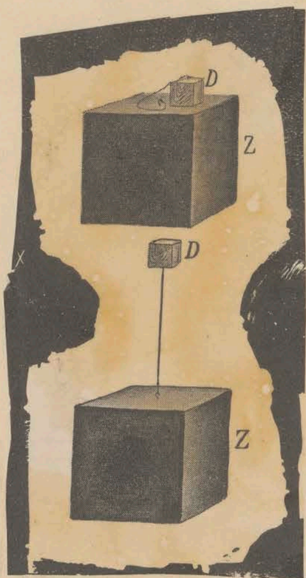
W następującem doświadczeniu uwalniamy się od oporu powietrza. Z rury szklannej (ryc. 25), zaopatrzonej w Γ ~~kranem~~ B (który można zaśrubować na talerzu pompy pneumatycznej, zob. § ~~Część II~~) wyciągnięto powietrze; trzymamy ją kurkiem ~~kranem~~ do góry, tak że kulka metalowa i piórko, (które włożono do rury przed jej zamknięciem) leżą przy końcu A. Przewracamy teraz rurę raptownie; widzimy, że kulka i piórko spadają razem i jednocześnie dochodzą do spodu. Otworzywszy Γ ~~kran~~ i wpuściwszy tym sposobem powietrze, przekonywamy się, że piórko przybiega później do spodu rury niż kulka.



Γ kurek

Ryc. 25. Ryc 26

Γ kurek



Ryp. 27.

Dlaczego tak się dzieje? dlaczego opór powietrza opóźnia bardziej spadanie piórka niż spadanie kulki? – Albowiem opór powietrza zależy od powierzchni ciała, a nie od jego masy. Piórko ma większą powierzchnię, niż kulka, więc doznaje od powietrza większego oporu. Nadto, ponieważ masa piórka jest mniejsza, więc skutek tego oporu na piórku będzie większy.

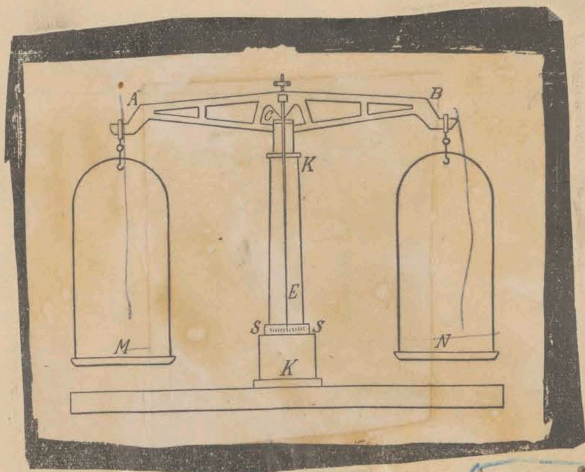
Weźmy kawałek żelaza Z (rys. 27) i kawałek drzewa D i przywiążmy je do siebie za pomocą sznurka. Kładziemy drzewo na żelazie (rys. 27 u góry) i puszczamy je swobodnie. Gdyby cięższe żelazo miało jakąkolwiek dążność do spadania prędszego, niżby mu nie przeszkadza, to wyprzedzić drzewo, odłączyć się od niego, wyprężyć sznurek jak na rys. 27 u dołu. Ale tego bynajmniej nie widzimy: oba ciała spadają razem i dobiegają ziemi razem, jak na rys. 27 u góry. Prze-

F u dołu

ciernie, gdybyśmy wzięli D w rękę, pozwolili żelazu Z zawisnąć ~~u spodu~~ (rys. 27 F) i w tem położeniu ciała puścili, wówczas w tem samem położeniu dobiegają ziemi. To dowodzi, że kawałek drzewa nie ma żadnej dążności do spadania prędszego niż kawałek żelaza. Zatem oba ciała dążą do poruszania się z jednakową prędkością pod wpływem ciężkości.

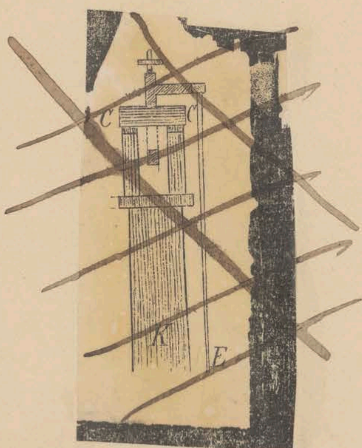
§. 28. Mierzenie mas.

Powiadamy zatem, że wszystkie ciała spadają jednakowo prędko pod wpływem samej tylko ciężkości. To jak wiemy (§. 26) jest dowodem, że masy większe mają też ciężary większe, mianowicie większe w tym samym stosunku. Zatem, żeby mierzyć masy, trzeba mierzyć ciężary ciał. Do tego celu służy waga. Składa się ona z belki AB (rys. 27)



Rys. 27 blok 28

Rysunek ten zupełnie opuścić



~~Rys. 29.~~

F podziałka

w której pośrodku mieści się na dół zwrócony trójkątny słupek czyli pryzmat C; tym pryzmatem belka spoczywa na podstawie K tak, iż ostrze pryzmatu stanowi oś, około której belka się waha. ~~Urządzenie to łatwo ocenić z [illegible] widoku podstawki (rys. 29)~~. Belka dźwiga z dwóch stron szalki M, N; w pośrodku opatrzona jest we wskazówkę E; kołysanie się belki poznajemy po ruchu tej wskazówki przed ~~skalą~~ SS.

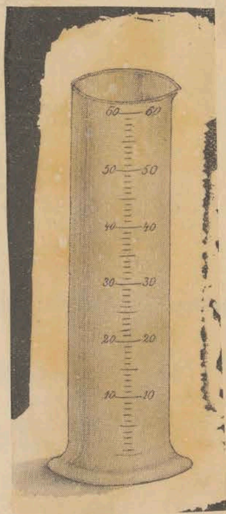
= Waga taka działa zupełnie jak ~~dźwignia AB~~ dźwignie z rys. 17-o i 19-o (w §. 14-ym, i wogóle jak dźwignia równoramienna. Dopóki szalki są puste, belka znajduje się w równowadze, gdyż szalki są jednakowo ciężkie. Skoro naciśniemy łagodnie jedną szalkę, belka zaczyna się kołysać, ale się nie przewraca; ~~środek ciężkości belki i szalek znajduje się poniżej ostrza pryzmatu C, zatem~~

~~waga zachowuje się jak ciało zawieszone, a nie jak podparte~~ ~~[illegible]~~ Kiedy na jednej szalce, np. na prawej, leży ciało cięższe, niż na drugiej, szalka prawa przeważa, wskazówka idzie na lewo. Ujmując, albo dokładając ciężarki, doprowadzamy do tego, że wskazówka stoi nieruchomo w pośrodku skali, lub też wychyla się w obie strony jednakowo daleko. Na szalkach leżą wówczas ciała, których ciężary są <u>równe</u>.

= W ten sposób porównywamy ciężary różnych ciał z ciężarem ~~odważników~~ ~~czyli~~ umyślnie przygotowanych ciężarków; ciężar ich jest znany, tj. porównany z jednostką ciężaru. Tem samem, jak wiemy, porównywamy też i <u>masy ciał</u>, które ważymy, z masą [F ciężarków] ~~odważników~~, a za ich pośrednictwem - z masą, obraną za jednostkę. Za jednostkę masy obrano <u>gram</u>, t.j. masę jednego centymetra sześcien-

nego czystej wody. Dziesięć gramów nazywamy Dekagramem, tysiąc gramów — kilogramem, tysiączną zaś część grama — miligramem. A zatem milimetr sześcienny wody ma masę miligrama, czyli waży miligram; litr (czyli Decymetr sześcienny) wody waży kilogram, a metr sześcienny wody waży tysiąc kilogramów.

Na rys. ~~30~~ 28-ym widzimy kubek szklany dzielony; skala naciągnięta na szkle oznacza, że aż do kreski 10 np. mieści się w nim Dziesięć gramów wody i t. d. Mając wagę i dokładne ciężarki można przyrządzić taki kubek albo też sprawdzić rzetelność gotowego kubka. Można też i naodwrót, mając kubek dzielony, sporządzić gramowe ciężarki.



Rys. 28. blok 30

§. 29. Gęstość.

Zróbmy sześciany, mające po centymetrze długości w krawędzi, a więc równe każdy centymetrowi sześciennemu. Zróbmy jeden z ołowiu, drugi z żelaza, trzeci ze szkła, czwarty z lodu, piąty z drzewa (np. jodłowego) szósty z korka. Widzimy odrazu, że sześcian ołowiany jest najcięższy, a korkowy – najlżejszy. Ale za pomocą wagi możemy ~~się~~ poznać dokładniej że:

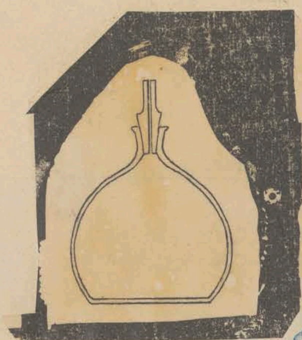
W dwóch kolumnach na środku stronicy.

sześcian ołowiany	waży	około	11	gramów	–	sześcian z lodu	waży	około	$\frac{9}{10}$	gramów
" żelazny	"	"	$7\frac{1}{2}$	"	–	" z drzewa	"	"	$\frac{1}{2}$	grama
" szklany	"	"	$2\frac{1}{2}$	"	–	" z korka	"	"	$\frac{1}{4}$	"

Gdyby można było zrobić z wody taką samą bryłkę, równą centymetrowi sześciennemu, ważyłaby ona jeden gram. Widzimy więc, że w pewnej objętości ołowiu, żelaza i szkła mieści się masa większa, niż w tej samej objętości ~~lodu, drzewa i korka~~ wody; a w pewnej objętości lodu, drzewa i korka mieści

się masa mniejsza, niż w tej samej objętości wody. Mówi się, że ołów, żelazo i szkło są __gęstsze__, a lód, drzewo i korek – __mniej gęste__ niż woda. Gęstością nazywa się liczbę gramów w centymetrze sześciennym. A zatem woda ma gęstość 1, ołów ma gęstość 11, żelazo 7½, szkło 2½, lód ~~[illegible]~~ 0·9, drzewo jodłowe 0·5, korek 0·25.

Rtęć jest cieczą tak samo jak woda, ale ma gęstość bardzo znaczną. Zrównoważymy na szalkach wagi dwa kubki jak na rys. 30ym. Jeśli do jednego wlejemy dziesięć centymetrów sześciennych rtęci, trzeba będzie wlać do drugiego 135 centymetrów sześciennych wody, żeby przywrócić równowagę. Zatem gęstość rtęci wynosi 13·5. Gęstość alkoholu (~~spirytusu~~ wyskoku) wynosi 0·8, a gęstość oliwy 0·9. Mierzymy gęstość tych cieczy najlepiej za pomocą bańki szklanej (rys. 29)



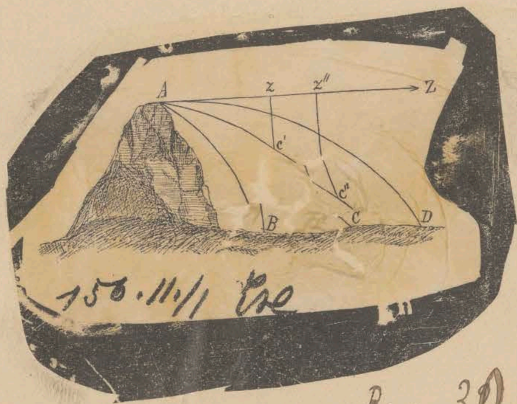
Rys. 29. Klok 31

którą ważymy najprzód pustą, później pełną wody, (aż do jakiejś kreski w wydrążonym korczku), pełną alkoholu, oliwy i t. d. ~~O~~ Odejmując za każdym razem ciężar bańki pustej, znajdziemy ciężary wody, alkoholu, oliwy, które wypełniały tą samą objętość a stąd gęstość alkoholu i oliwy.

§. 30. Ruch ciała rzuconego.

Gdy puszczamy jakie ciało swobodnie, biegnie ono na dół po linii pionowej (§. 11.). Lecz ~~Teraz~~ jak się ciało porusza, gdy je rzucimy z pewną prędkością w jakim bocznym kierunku? Będzie odbywało dwa ruchy jednocześnie: ten, który my sami nadaliśmy ~~my~~ i ten, który wytwarza siła ciężkości. Przypuśćmy, że z wieży lub góry wystrzelona kulą armatnią w kierunku AZ (rys. 31). Gdyby nie było ciężₓ

F (§8)

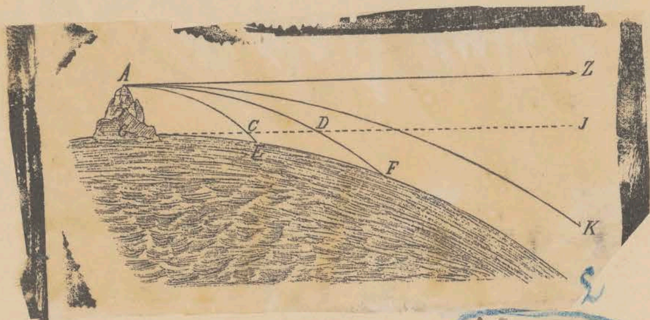


Rys. 31 (blok 32)

kości, kula pobiegłaby w kierunku AZ i przez bezwładność musiałaby biedz w tym kierunku coraz dalej i dalej. Ale siła ciężkości od pierwszej chwili pociąga kulę ku dołowi. Dlatego ~~też~~ zamiast do Z np. kula dochodzi do c; zamiast do Z', dochodzi do c'' i t.d.; jednem słowem odbywa drogę AC. Gdyby wystrzelono kulę w A z większą prędkością (np. za pomocą silniejszego naboju), zdążyłaby ona pomknąć dalej w stronę AZ, zanimby ciężkość zdołała pociągnąć ją o tyleż, jak wprzódy, ku dołowi; zatem przy większej początkowej prędkości drogą kuli będzie np. AD. W razie mniejszej prędkości przeciwnie, drogą będzie np. AB.

§. 31. Bieg księżyca dokoła ziemi.

Wiemy ~~już dawno~~, że ziemia nie jest płaska, lecz kulista; rozważmy więc ruch naszej kuli, pamiętając o tem. Na rys. ~~33cim~~ (31-ym) widzimy część ziemi



Ryp. 31 - ~~R~~ok 33

W tem miejscu gdzie stoi L, proszę przystawić (jeśli można) literę L (kurs.), t. j. ozdobną do drzeworytu.

GEFL. Gdyby ziemia była płaska, kula wystrzelona z A, była by spadła, jak powiedzieliśmy, w C; istotnie więc spadnie nie w C, lecz w E. Wystrzelona silniej, spadnie nie w D, lecz w F. Widzimy, że ~~linia~~ powierzchnia ziemi GL obniża się coraz ~~niżej~~ bardziej pod poziom linii GJ, tak tak jak linie AE i AF obniżają się pod poziom AZ, tylko, że linie AE i AF obniżają się prędzej, więc dochodzą do powierzchni ziemi GL. Możemy jednak~~…~~ pomyśleć, że wystrzelono kulę z wierzchołka A z taką prędkością, że pobiegnie ona po drodze AK, t. j. po drodze, która obniża się zupełnie tak samo pod poziom AZ, jak GL obniża się pod poziom GJ. Wówczas kula, chociaż ciągle spada, nie ~~obniża~~ się do ziemi; o ile bowiem kula zniża się pod działaniem ciężkości, o tyleż zniża się powierzchnia ziemi



F zbliża

wskutek swej kulistości. Co na-
tem stanie się z kulą? okrąży
ziemię i powróci do A ze stro-
ny przeciwnej. Gdyby nagle,
w któremś miejscu tej drogi,
siła ciężkości działać prze-
stała, kula pobiegłaby dzięki
bezwładności, po linii ~~stycznej~~
~~do drogi w tem miejscu, t. j. po~~
linii takiej jak Az w miejscu A;
ale ~~Ale~~ tak być nie może, bo siła
ciężkości jest czynna ciągle,
bez przerwy. Więc działanie
ciężkości polega na tem, że
zakrzywia ona ustawicznie
drogę naszej kuli i tym spo-
sobem nie pozwala jej odbiedz
od ziemi; a znowu bez-
władność nabytego ruchu nie
pozwala kuli uledz ciężkości
i upaść na ziemię.

Wiemy, że siła ciężkości dzia-
ła na najwyższych górach i w naj-
większych wysokościach, do ja-
kich wzniesiono się balona-
mi. Księżyc znajduje się

jeszcze znacznie wyżej nad nami, znacznie dalej od ziemi; ale niewątpliwie i w księżycowej odległości ciężkość jeszcze jest czynna. Teraz rozumiemy, dlaczego księżyc obiega wciąż naszą ziemię do koła, ani nie spadając na nią, ani nie odbiegając od niej. Bo <u>księżyc krąży tak, jak nasza kula, która pobiegła po drodze AK.</u> Zatem ta sama siła przyciągania ziemi, która nadaje ciałom ciężar, która wypręża pion i zmusza ~~wy~~upuszczone jabłko do spadania, ta sama siła nie pozwala księżycowi odbiedz po linii F ~~stycznej~~, lecz ustawicznie zakrzywia jego drogę i zmusza go tym sposobem do krążenia w koło ziemi. F

~~[illegible] powiedzieliśmy, [illegible] proporcyonalna do [illegible] mas (§§. 26, 28)~~ ~~Zatem powiadamy: siła przy-~~

F takiej jak <u>AZ</u> w miejscu <u>A</u> (ryc. 31.),

F Jak powiedzieliśmy w §§ 26-ym i 28-ym, im większą masę ma jakie ciało, tem też większy ma ciężar, i mianowicie większy w tym samym stosunku. Ponieważ zaś ciężar ciała – to siła przyciągania, jaką ziemia na to ciało wywiera, więc powiadamy: siła przyciągania ~~[illegible]~~ ciała przez ziemię jest tem większa, i w takim stosunku, im większa i w jakim stosunku większa jest masa tego ciała.

~~ciągania ziemi jest proporcjonal, na do masy ciała, przyciąganego przez ziemię~~.

Czy to nie brzmi zbyt uczenie na tym stopniu nauki? Czy nauczyciel to wyjaśni?

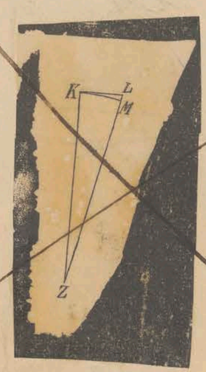
*

§. 32. Prawo przyciągania.

Księżyc obiega raz dokoła zie, mi w ciągu 27 dni, 7 godzin, 43 mi, nut i 11 sekund; innemi słowy w ciągu 2360591 sekundy. Ponieważ tryma się on od środka ziemi na odległości przeszło 60 razy znacz, niejszej niż promień kuli ziem, skiej, t.j. na odległości około 384.400 kilometrów, przeto obwód [koła] po któ, rem biegnie, mierzy około 2415.200 kilometrów. W ciągu jednej sekun, dy księżyc przebiega więc po dro, dze swej około ziemi około 1025 metrów czyli przeszło kilo, metr. Z tąd możemy obliczyć, o ile w ciągu sekundy zakrzywia się droga księżyca w kierunku ku ziemi.

Art. 32 jest stanowczo nieodpowiedni na tym stopniu nauki. Jest wprawdzie bardzo pięknie opracowany, ale ani nauczyciel ani uczeń nie pojmie go. Lepiej zostawić. [F koła,] księżyc w epokach w tej książeczce; trzymać się tylko ziemi.

Przypuśćmy np., że ziemia jest w Z a księżyc w K (ryc. 34.).



Ryc. 34.

Gdyby ziemia nie przyciągała, księżyc podążyłby w kierunku KL; tymczasem pod wpływem przyciągania porusza się po łuku KM. Wystawmy sobie, że rys. 34. powiększono do rozmiarów prawdziwych; wówczas linia SK ma 384400 kilometrów długości, łuk zaś KM ma kilometr i 25 metrów długości, jeśli księżyc przebiega go w ciągu sekundy. Można wyliczyć, że wówczas odcinek LM miałby tylko 1,36 milimetra. A zatem przyciąganie ziemi sprowadza księżyc z drogi, którą odbywałby przez bezwładność, o 1,36 milimetra w ciągu każdej sekundy. Gdybyśmy nagle zatrzymali księżyc i puścili go swobodnie, począłby biedz ku ziemi, więc w pierwszej sekundzie zbliżyłby się do niej o 1,36 milimetra. Ale wiemy (§ 27), że wszelkie ciała, lekkie czy ciężkie, spadają równie prędko pod wpływem przyciągania ziemi. Zatem nie tylko księżyc,

lecz wszelkie ciało, spadając ku ziemi z odległości księżyca, prze- biegłoby w pierwszej sekundzie 1·36 milimetra. Tymczasem na powierzchni ziemi każde ciało, spadając swobodnie, przebiega w pierwszej sekundzie 4·9 metra t. j. 3600 razy więcej. Widzimy za- tem, że przyciąganie jest 3600 ra- zy mniejsze w odległości księżyco- wej od środka ziemi, niż na jej powierzchni; to znaczy, że w odleg- łości 60 promieni kuli ziemskiej jest 3600 razy mniejsze, niż w od- ległości jednego promienia. Lecz 3600 = 60×60; dlatego też liczba 3600 nazywa się kwadratem liczby 60. Powiedzmy zatem: gdy ciało oddala się od ziemi, przyciąganie, jakiego doznaje od ziemi, zmniej- sza się tyle razy, ile razy kwadrat odległości jego od środka kuli ziem- skiej się zwiększa. Mówi się kró- ciej: przyciąganie jest odwrot- nie proporcyonalne do kwadra- tu odległości. –

*

Opuścić art. 33 z powodów podanych na początku art. 32-go.
Popularne przedstawienie art. 33-go ~~usunąć~~ umieścić.

§. 32. Ciążenie powszechne.

Jak księżyc dokoła ziemi, ~~wszystkie~~ podobnie krąży ziemia dokoła słońca. Utrzymując się w odległości 1,487,000 kilometrów od słońca i obiegając w ciągu roku koło, zakreślone tak ogromnym promieniem, ziemia nasza w ciągu sekundy przebiega blisko 30 kilometrów (dokładniej 29'6). Ziemię, ~~naszą~~ ożywioną taką znaczną prędkością, utrzymuje na wodzy przyciąganie słońca, Albowiem przyciąganie działa pomiędzy słońcem a ziemią ~~tak samo~~ podobnie, jak działa ono pomiędzy ziemią a księżycem. ~~Olbrzymia~~ Bryła słoneczna utrzymuje swem przyciąganiem na wodzy nie tylko ziemię, lecz również i inne ciała niebieskie, które widujemy nocą jako świetlne gwiazdy i które nazywamy planetami. Słońce przyciąga ziemię i planety, ~~nie pozwala odbiegać im~~

~~od wcho~~

~~po stałych torach pewnych~~,
ustawicznie zakrywia ich drogi i
zmusza je tym sposobem do krąże-
nia wkoło siebie. ~~Słońce także, jak~~
~~ziemia, przyciąga~~ [wzajemnie] ~~każde ciało~~,
~~proporcyonalnie do jego masy a~~
~~odwrotnie proporcyonalnie do~~
~~kwadratu odległości; ale przycią-~~
~~ga mocniej, niż ziemia, bo ma~~
~~znacznie większą masę. Nie tyl-~~
~~ko ziemia, nie tylko słońce przy-~~
~~ciąga, podobnież przyciągają i~~
~~planety; Dokoła~~ [niektórych pla-
net biegną księżyce, ~~tak samo~~ [podobnie]
jak dokoła naszej ziemi;] Co wię-
cej: i [nasz] księżyc przyciąga naszą
ziemię, i nasza ziemia przycią-
ga słońce i planety przyciągają
słońce i są przyciągane przez swo-
je księżyce. Przyciąganie [pomiędzy ciałami] jest
zawsze obustronne, wzajemne;
dlatego nazywamy je także cią-
żeniem. Y Ziemia [więc] przyciąga ka-
mień i kamień przyciąga zie-
mię. * Przyciąganie z obu stron
jest dokładnie jednakowe, po-

od wiersza

F ⌊ Dokoła →

⌊ planety przyciągają swoje księżyce podobnie jak ziemia nasza przyciąga nasz księżyc, jak słońce przyciąga ziemię i planety.

Y Jest ono tem większe, im większe są masy przyciągających się ciał ~~i tem mniejsze, im większy jest kwadrat ich odległości~~.

F ziemi i od masy kamienia;

niewoż ~~przyciągania~~ zależy za-
razem od masy ~~ciała przyciąga-
jącego i od masy przyciąganego~~. —
Ale ta sama siła nadaje ciału
prędkość tem mniejszą, im masa
tego ciała jest większa (§. 25.). O-
wóż masa ziemi jest miliony
milionów razy większa, niż ma-
sa kamienia; dlatego, gdy oba
ciała poczynają spadać ku so-
bie, bieg ziemi ku kamieniowi
jest miliony milionów razy po-
wolniejszy niż bieg kamienia
~~kamienia~~ ku ziemi. Pomiędzy

od wiersza

wszystkiemi bez wyjątku ciałami
na świecie zachodzi takie wzaje-
mne ciążenie. Kulkę pionu przy-
ciąga nietylko ziemia ale także
np. i góra, tylko słabiej, bo
ma znacznie mniejszą masę
niż ziemia. Toteż w pobliżu
góry pion nie wisi dokładnie
pionowo, lecz nieco się ku niej
odchyla. Podobnież woda oce-
anów jest przyciągana przez
słońce i księżyc; stąd powstaje

zjawisko, zwane przypływem i odpływem morza. Powiadamy, jednem słowem, że ciążenie jest powszechne. —

— I. Ciążenie powszechne panuje w świecie i rządzi ruchem ciał niebieskich i ziemskich. Odkrył to i udowodnił uczony, nazwiskiem Newton (czyt. Niuton), który żył dawno lat dwieście. Tem odkryciem zasłużył na cześć i uwielbienie całej ludzkości. —

(Koniec Części Iej.)

Rozdział ~~Część~~ druga.

O ciałach stałych, cieklych i gazowych.

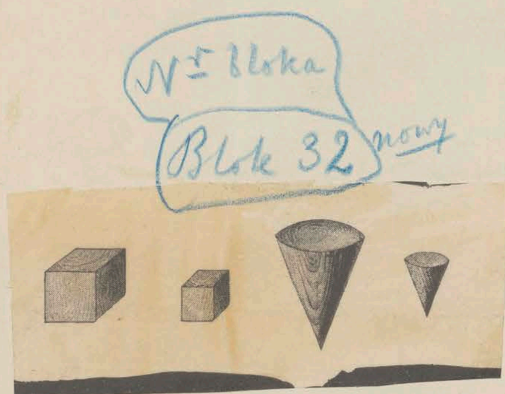
czemu nie „płynnych", co jest lepiej znane ogółowi i bardzo jasne?

§. 33. Objętość a postać.

Każde ciało ma pewną postać. Cegła np. ma postać prostopadłościanu, świeca i ołówek – postać walca, lejek ma postać stożka. Postać jest to własność zupełnie inna niż objętość (§. 1.). Dwa sześciany np. lub dwa stożki na rys. 32^{im} mają jednakową postać, lecz niejednakową objętość. Dwa walce na rys. 33^{im} mają przeciwnie jednakową objętość, postać zaś niejednakową. Wogóle dwa ciała różnej i niepodobnej postaci mogą mieć objętość jednakową. Weźmy naczynie A, opatrzone w wypływ boczny B, rys. 34.; napełnijmy je wodą a kiedy wypływ przez B ustanie, wpro-

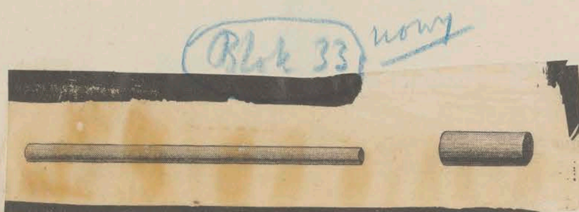
Nr Bloka

Blok 32 nowy



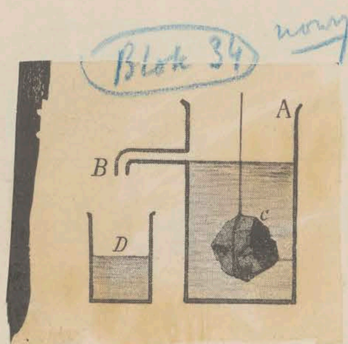
Rys. 32

Blok 33 nowy



Rys. 33.

Blok 34 nowy



Rys. 34.

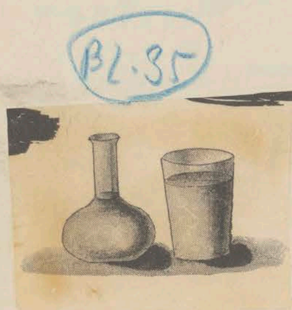
ważymy ciało C i zbierzmy w D wodę, którą C wypchnęło. Ciało C ma tyle centymetrów sześciennych objętości, ile gramów waży woda zebrana (§. 28). Jakąkolwiek jest postać ciała C, objętość jego będzie taka sama, jak objętość wody w D. Jeśli kamień, ręka, roślina wypychają jednakową ilość wody, mają objętość jednakową, równą objętości wody wypchniętej.

płynne

§. 34 Ciała stałe i ciekłe.

Kawałek drzewa leży na stole; ma on pewną postać, np. jest długim i cienkim prostopadłościanem. Jeśli go położymy na boku, postawimy pionowo, lub wstawimy do szklanki, nie zmieni postaci, pozostanie takim prostopadłościanem, jak przedtem. Podobnież zachowa się kawałek żelaza, kawałek szkła, kawałek kauczuku. Każdy ~~z nich~~ ma własną postać

i zachowuje ją bez względu na ciała, przy których lub na których się znajduje. Nazywamy dlatego kawałek drzewa – ciałem stałem; kawałek żelaza, szkła, kauczuku jest podobnież ciałem stałem. Zupełnie inaczej zachowuje się woda. Woda nie ma wcale własnej postaci; nie można powiedzieć: „kawałek wody." Nalana do szklanki, woda przybiera postać jej wnętrza; przelana do karafki, przybiera postać wnętrza karafki (Rys.). Woda zmienia postać z wszelką łatwością.



Rys. 35.

Przypatrzmy się postaci wody w jakiemkolwiek naczyniu. Wszędzie, gdzie styka się ze ścianką naczynia, woda przylega do ścianki i przyjmuje jej postać; lecz od góry, na powierzchni swobodnej, gdzie styka się z powietrzem, woda układa się płasko i poziomo, co można sprawdzić za pomocą pionu (S.). Jeśli przechylimy naczynie, woda zmieni



Bl. 36



Rys. 36.

V Dodać tu zaraz alkohol i eter

postać, ale w taki sposób (Rys.), że powierzchnia jej pozostanie płaska i pozioma. Woda jest przykładem ~~ciała~~ ~~ciekłego~~ płynnego czyli ~~cieczy~~ płynu V

Prócz wody jest jeszcze wiele innych cieczy. Np. cieczą jest gliceryna; i ona także ~~ona~~ wypełnia całkowicie dolną część szklanki a na powierzchni układa się płasko i poziomo. Zatem, dopóki jest w spoczynku, gliceryna zachowuje się podobnie jak woda; gdy jest w ruchu, zachowuje się pod pewnym względem inaczej. Przechylając szklankę z gliceryną, widzimy, że zmienia ona postać powolniej niż woda, bardziej opieszale, jakgdyby przezwyciężała jakąś przeszkodę. — Można dojrzeć przytem, przez bardzo krótką chwilę, powierzchnię cieczy w położeniu pochyłem, czego w wodzie dostrzedz niepodobna. Tak samo jak ~~gliceryna~~ miód zachowuje się olej, syrop, ~~miód~~ gliceryna ~~(smoła)~~.
~~Tak samo jak gliceryna, zachowuje~~

może to lepiej dać „miód", jako dzieciom bardziej znany

chyba słoporiana

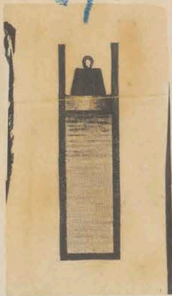
Przybierają one ostatecznie kształt naczynia i rozlewają się poziomo i płasko; dlatego nazywamy je [także] cieczami. Ale czynią to opieszale, zużywają na to stosunkowo wiele czasu; dlatego nazywamy je cieczami zawiesistemi. Inaczej mówimy, że są to ciecze mało ruchliwe, gdy przeciwnie woda, alkohol, eter są to ciecze bardzo ruchliwe.

[Margin note: to wyraz niezupełnie właściwy, lepiej „lepkiemi", co i naukowo i obrazowo bardzo trafne]

§. 35 Ściśliwość cieczy.

Woda zmienia postać z wielką łatwością (§. 34.); ale co innego postać, a co innego objętość (§. 33.). Woda zmienia postać z łatwością, lecz objętość zmienia przeciwnie z największą trudnością. Gdy wkładamy palec do wody, ustępuje ona łatwo, lecz podnosi się zaraz dokoła, tak iż zachowuje dawną objętość. Spróbujmy przeszkodzić wodzie w tej jej dążności do zachowywania objętości i ~~bez zmiany~~ Weźmy (rys.)

[Margin note: po co powtarzać?]

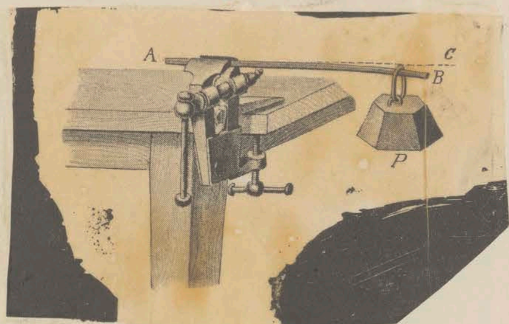


Rys. 37

walec z tłokiem, szczelnie przystającym i próbujmy tłok wcisnąć do wody. Nie zdołamy popchnąć tłoka ani o milimetr ku dołowi, jeśli woda nie przeciśnie się pomiędzy tłokiem a ściankami naczynia. Tu bowiem usiłujemy zmienić już nie postać, lecz objętość wody,
a mianowicie usiłujemy objętość tę zmniejszyć czyli wodę ścisnąć; to zaś wymagałoby siły, której człowiek nie może wywrzeć. Woda jest więc bardzo trudno ściśliwa, czyli bardzo mało ściśliwa. Uczeni przekonali się dokładnie, o ile woda jest ściśliwa. Przypuśćmy, że walec (rys.) ma 10 cm² ~~centymetrów kwadratowych~~ w prze~~cięciu~~kroju i zawiera wody na 10 cm ~~centymetrów~~ wysoko; należałoby wówczas położyć na tłok 2000 kg ~~kilogramów~~, ażeby posunąć go ~~tłok~~ o 1 mm ~~jeden milimetr~~ ku dołowi.

§. 36 Sprężystość ciał stałych.

38



Rys. 38

Pręcik drewniany posiada własną postać (§.), ale pod działaniem siły (§.) może ją zmienić. Jednym końcem np. umocowany w śrubsztaku (czyli imadle) (rys.) a obciążony na drugim, pręcik wygina się pod działaniem siły ciężkości. Pomimo, waż jednak w pewnem położeniu AB pręcik jest w równowadze, tj. nie wygina się dalej, musiała więc zjawić się inna siła, która równoważy ciężkość ciała P, siła sprężystości pręta, ~~która~~ znaną jest z § 3. W pręcie niewygiętym AC nie było tej siły, w pręcie zginanym pojawia się ona i staje się coraz większa, im bardziej go zginamy. Jeśli uwolnimy ~~[illegible]~~ pręt od działania siły obcej, siła sprężystości przywraca ~~pręt~~ go do zwykłej ~~jego~~ postaci (jeśli wygięcie nie było zbyt znaczne), ale też w miarę powracania do tej postaci, sama coraz bardziej słabnie i niknie.

Doświadczamy podobnie sprężystości pręta stalowego, albo

pałeczki szklanej; wyginane na końcu albo zginane w pośrodku, okazują one także sprężystość. Taśma kauczukowa wyciągana, piłka ~~ugniatana~~ ściskana dłonią, sprężyna skręcana — również okazują sprężystość. Cóż wogóle czynimy, gdy ~~jakie~~ ciała wyginamy, zginamy, wyciągamy, ~~ugniatamy~~ ściskamy, skręcamy? Zmieniamy wogóle postać tych ciał. Zatem powiadamy: <u>sprężystość ciał stałych występuje na jaw, gdy zmieniamy postać tych ciał. Ciała stałe mają sprężystość postaci</u>.

§.37 Sprężystość ciał ciekłych.

Przypuśćmy teraz, że położyliśmy 2000 kg ~~kilogramów~~ na tłok w przyrządzie wyp. §. i wskutek tego tłok opuścił się o 1 mm ~~jeden milimetr~~, woda ścisnęła się więc o jedną setną część swej pierwotnej objętości. Dalej tłok nie poruszy się ani o najmniejszą

część milimetra; woda stawia teraz opór, który równoważy ciężar 2000 kg. Powiadamy zatem, że w wodzie ściśniętej pojawia się siła, która sprzeciwia się dalszemu ściskaniu; pod działaniem tej siły z jednej strony, a ciężaru z drugiej, tłok znajduje się w równowadze. Gdybyśmy nagle zdjęli ciężar, tłok poszedłby do góry, odepchnięty przez wodę, która wróciłaby do dawnej objętości. A zatem mieliśmy tutaj w wodzie cechę zupełnie podobną do sprężystości w drzewie, w szkle, kauczuku lub stali. Lecz gdy w wodzie objawia się ona przy zmianie *objętości*, w ciałach stałych objawia się przy zmianach *postaci*. Możemy więc powiedzieć: *woda ma sprężystość objętości*. Podobnie jak woda, zachowują się i inne ciecze. Sprężystość objętości jest ogólną cechą ciał ciekłych. Jak wiemy (§.) ciała ciekłe nie stawiają oporu

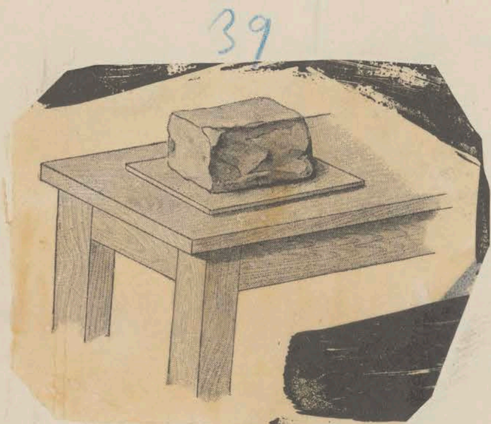
Doskonale

zmianie postaci; prędzej czy później każda ciecz (§.) poddaje się działaniu siły, dążącej do zmiany jej postaci. A zatem ciecze mają sprężystość objętości, lecz nie mają sprężystości postaci.

§. 38 Ciśnienie.

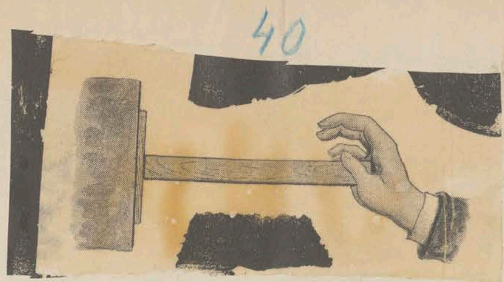
Deseczka, leżąca na stole i dźwigająca ciężar na sobie (np. kamień, jak na rys. 39.) jest przyciśnięta do stołu, wywiera ciśnienie na stół. Ciśnieniem nazywamy więc siłę, działającą na całą powierzchnię ciała. W przykładzie powyższym ciśnienie jest sprawiane przez siłą ciężkości; takie ciśnienie działa z góry na dół pionowo, ponieważ siła ciężkości działa w tym kierunku. Lecz i inne siły mogą sprawiać ciśnienie, np. siła naszych mięśni, siła sprężystości; a te siły mogą sprawiać ciśnienie i w innych kierunkach. Przyciskając np. deseczkę do ściany ręką, czy bezpośrednio, czy za pośrednictwem

39



Rys. 39

40



Rys. 40

np. pręta (rys.), wywieramy na ścianę ciśnienie w kierunku poziomym.

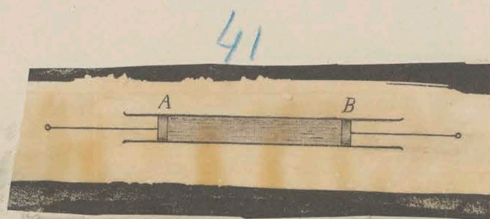
Połóżmy ten sam kamień (rys.) raz na deseczkę, mającą 100 cm^2 ~~kw.~~ pola, drugi raz na deseczkę mającą 200 cm^2 ~~kw.~~ Ta sama siła rozpościera się w pierwszym razie na 100, w drugim razie - na 200 cm^2 ~~kw.~~ Zatem na ~~jeden centymetr kwadratowy~~ 1 cm^2 wypadnie w pierwszym razie dwa razy więcej siły, niż w drugim. Widzimy zatem, że trzeba odróżniać siłę całkowitą, czyli ciśnienie całkowite na pewną powierzchnię, od ciśnienia na jednostkę pola, czyli od ciśnienia jednostkowego. Ciśnienie całkowite jest dla obu deseczek jednakowe, mianowicie równe ciężarowi kamienia. Ciśnienie jednostkowe jest dwa razy większe na mniejszej deseczce, niż na większej. Ten sam ciężar na deseczkach mających 50 cm^2 ~~kw. lub~~ i 25 cm^2 ~~kw.~~ pola, dałby ciśnienie jednostkowe cztery, ~~lub~~ i ośm razy

większe. Stąd łatwo zrozumieć, dlaczego nóż kraje: ostrze noża jest to powierzchnia o bardzo małem polu, więc siła naszych mięśni wytwarza na niem bardzo znaczne ciśnienie. To samo tłomaczy działanie nożyc, dłuta, piły, a także stosunkową łatwość, z jaką gwóźdź lub igła wchodzą w ciało zbite.

§. 39 Ciśnienie cieczy.

Jak za pośrednictwem pręta można wywrzeć ciśnienie (§.), podobnież można je wywrzeć za pośrednictwem wody. Weźmy rurkę (rys.) AB, pełną wody i zamkniętą tłokami, które przystają szczelnie do rurki, lecz łatwo w niej mogą się poruszać. Opieramy tłok A o deseczkę (rys.) i wywieramy siłę na drugi tłok B; wówczas za pośrednictwem wody przyciśniemy deseczkę do ściany. Zatem woda może przenosić ciśnienie

41

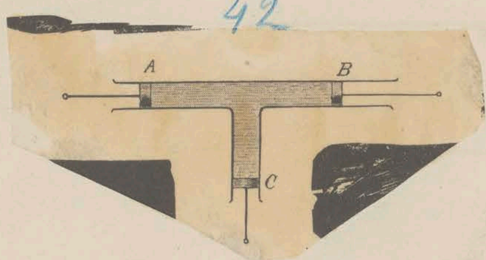


Rys. 41

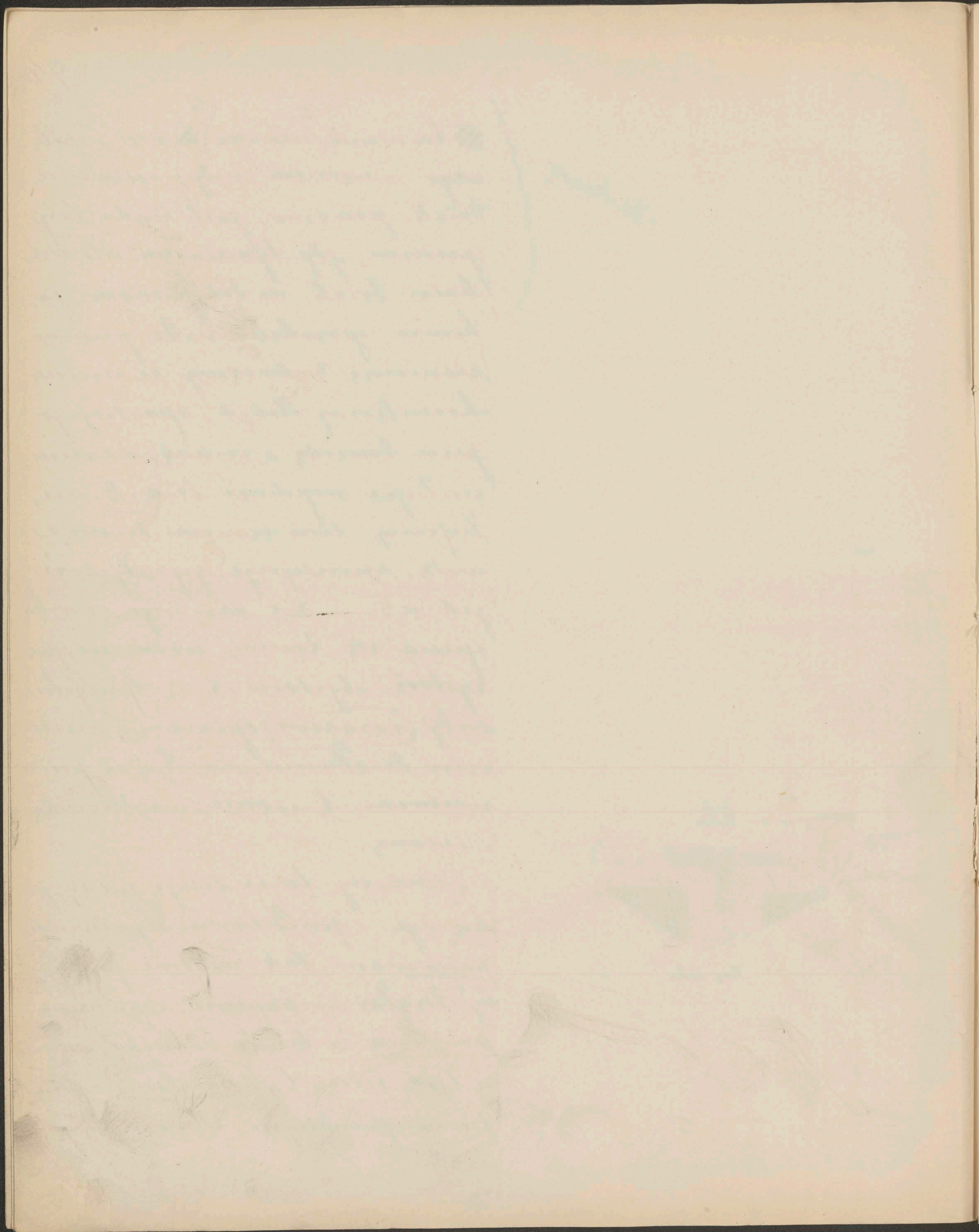
Doskonale

~~III~~ Ciśnienie (nie ma to) ~~ta~~ tu nic wspólnego z ciężarem wody; ciśnienie działa poziomo, jeśli rurka leży poziomo, gdy tymczasem siła ciężkości działa na dół pionowo. Jakimże sposobem woda przenosi ciśnienie? Zważmy, że unieruchomiliśmy tłok A, oparłszy go przez deseczkę o ścianę; a zatem, usiłując wepchnąć tłok B, usiłujemy tem samem ścisnąć wodę, zmniejszyć jej objętość, jak w §. Nic dziwnego, że woda opiera się temu; woda ma sprężystość objętości (§.). Sprężystość wody (zarazem) opiera się naszemu działaniu na B, a za pośrednictwem A ciśnie na deseczkę i ścianę.

Weźmy teraz drugą rurkę, jaką rys. przedstawia w położeniu poziomem, tak właśnie, jak gdyby rurka leżała na papierze. Opatrzona jest ona w boczne kolanko, a w niem w tłok trzeci C, ~~rozległością~~ polem równy dwóm pierwszym. Umocujmy



Rys. 42



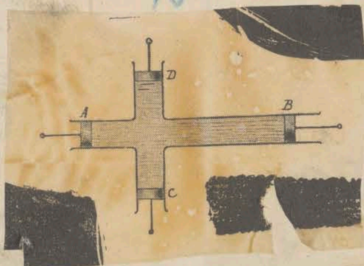
tłok A, tłokowi C pozwólmy poruszać się swobodnie i wciśnijmy B; co się stanie? Woda będzie ustępowała przed B i będzie pchała przed sobą tłok C; albowiem w ten sposób będzie ona zmieniała postać tylko, a nie objętość, a temu woda nie sprzeciwia się (§.). Przeciwnie, gdybyśmy umocowali i C, woda cisnęłaby nań tak samo, jak ciśnie na A. Zatem i w bok woda przenosi ciśnienie. Oczywista ~~zatem~~, że i na ściany rurki woda ciśnie tak samo, jak na tłoki, mianowicie, że rozpycha rurkę o tyle, o ile na to pozwala sprężystość szkła czy innego materyału, z którego rurka jest zrobiona. Powiadamy więc, że woda nie tylko przenosi ale i roznosi ciśnienie na wszystkie strony. Toż samo czynią wszystkie ciecze.

b. dobrze

§. 40 Ciecz może wykonywać pracę.

Weźmy jeszcze jedną rurkę,

43



Rys. 43

opatrzoną w dwa poziome kolanka i w cztery tłoki, A, B, C, D, jednakowo rozległą; i rys. przedstawia ją, widzianą z góry. Co powiedzieliśmy o tłoku C, stosuje się także do czwartego tłoka D. A zatem, gdy wywieramy ciśnienie na B (rys.), takież ciśnienie wywierane jest na A, na C i na D. Z jednego ciśnienia robią się trzy ciśnienia. Tego możemy dokonać za pomocą wody i tłoków, podobnie jak za pomocą dźwigni możemy podnieść do góry trzy kilogramy siłą ciężaru jednego kilograma (§.). Ale czego nie możemy dokonać za pomocą dźwigni, to stworzyć choćby ~~ża~~najmniejszej ilości pracy F ~~z niczego~~; i tego za pomocą wody i tłoków także dokonać nie możemy. Istotnie: wiemy od czego zależy praca, jaką wykonywamy, pchając tłok, lub jaką tłok wykonywa, pchając coś przed sobą. Zależy ona zarazem od siły, któ-

F (§ 22)

ra pcha (t.j. od całkowitego ciśnienia na tłok) i od długości drogi, którą tłok przebywa. Weźmy teraz ~~rurkę~~ trzy rurki: rurkę z dwoma tłokami AB (rys.), z trzema ABC (rys.), oraz z czterema ABCD (rys.); i przypuśćmy, że w każdej wepchnęliśmy tłok B o ~~jeden centymetr~~ 1 cm, dawszy swobodę ruchu wszystkim pozostałym. W rurce AB (rys.) tłok A wysunie się o centymetr ~~także~~ (naturalnie); w rurce ABC (rys.) każdy z dwóch tłoków A, C wysunie się o pół centymetra, w rurce zaś ABCD (rys.) każdy z trzech tłoków A, C, D wysunie się tylko o trzecią część centymetra. Zatem, im więcej tłoków, tem więcej ciśnień, ale tem krótsze drogi, które tłoki przebywają; pomnażając liczbę tłoków, nie zyskujemy więc bynajmniej na pracy, rozdrabiamy ją tylko. –

§. 41 Prasa hydrauliczna.

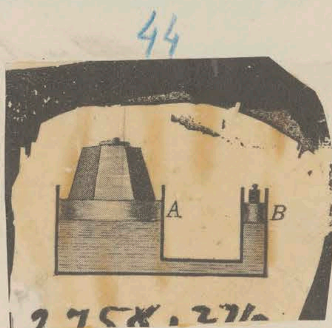
W rurce ABC (rys.) tłoki A i C dama,

już każdy takiego ciśnienia, jakie wywieramy na B. Tak jest bez względu na to, czy A i C znajdują się daleko od siebie, czy też F ~~przy~~ siebie. F blisko

Zatem Tak ~~zatem~~ będzie i wtedy, kiedy je połączymy ze sobą i utworzymy z nich jeden tłok, dwa razy większy. Powiadamy więc: na tłok dwa razy większy niż B, działa ciśnienie całkowite, dwa razy większe niż na B. Podobnież na tłok o polu trzy razy większem działa ciśnienie całkowite trzy razy większe. Innemi słowy: ciśnienie na jednostkę pola jest wszędzie w cieczy jednakowe.

Na tej zasadzie budowane bywają prasy hydrauliczne, których zadaniem jest zamienianie ~~zmiana~~ nie zbyt znacznych całkowitych ciśnień ~~nie~~, jakie człowiek może wywrzeć, na ciśnienia całkowite bardzo znaczne. Wystawmy sobie dwa walce, połączone ze sobą i w nich dwa tłoki jak na rys. Przypuśćmy, że tłok A ma pole 25 razy większe, niż

44



Rys. 44

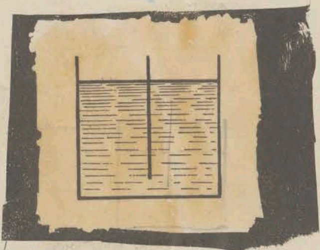
tłok B; w takim razie, położywszy na tłoku A 25 ~~kilogramów~~ kg, dość będzie położyć na B jeden ~~kilogram~~ 1 kg, aże-by osiągnąć równowagę. Tu zatem ciężarem mało co większym nad ~~jeden kilogram~~ 1 kg, możemy podnieść do góry 25 ~~kilogramów~~ kg, ~~zupełnie~~ podobnie jak na dźwigni (§.); ale i tu nie zyskamy na pracy, gdyż trzeba będzie wcisnąć tłok B na dół o 25 ~~centymetrów~~ cm, ażeby podnieść A do góry o ~~jeden centymetr~~ 1 cm.

§. 42 Naczynia połączone.

L Do naczynia z wodą x wprowadźmy ściankę, nie dotykającą jej dna (rys.); powierzchnia wody nie zmienia się przez to. Lecz przez wprowadzenie ścianki rozdzieliliśmy poprzednie naczynie na dwa mniejsze naczynia, połączone ze sobą od spodu; istotnie: naczynie z rys. nie różni się tu ~~niczem~~ właściwie od naczyń, połączonych za pomocą rurki, jakie ~~to~~ widzimy na rys.

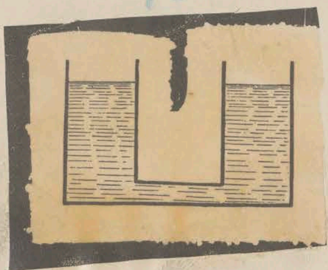
Ten rysunek zostanie poprawiony — Gruba kreska od Góry niepotrzebna

45



Rys. 45

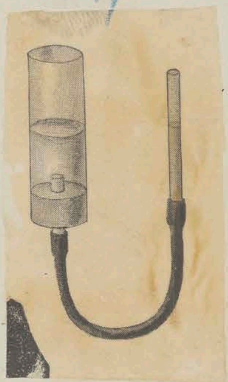
46



Rys. 46

Powiadamy zatem: w naczyniach połączonych ciecze stoją jednakowo wysoko. Tak będzie oczywiście, czy naczynia są jednakowego, czy różnego przecięcia; zawsze w nich ciecz stoi na jednakowym poziomie, jakto też stać będzie w naczyniu, rys. , choćbyśmy posunęli ściankę ku brzegowi. Tak np. w dwóch rurkach szklanych (rys.), z których jedna jest szersza od drugiej (łączymy je za pomocą korka i rurki kauczukowej, jak pokazuje rysunek), woda stoi jednakowo wysoko. Zniżając węższą rurkę zobaczymy, że woda tryska z niej ~~ku~~ do góry; na tej zasadzie działają wodotryski. || Zastanówmy się teraz, dlaczego w naczyniach połączonych ciecz musi stać jednakowo wysoko. Wystawmy sobie dwa naczynia, połączone kanałem poziomym, jak na rys. -tym; przypuśćmy, że pierwsze A ma 10, a drugie B – 20 ~~centymetrów kwadratowych~~ cm² w przecięciu; więc (np. płaszczyzna a ma 10,

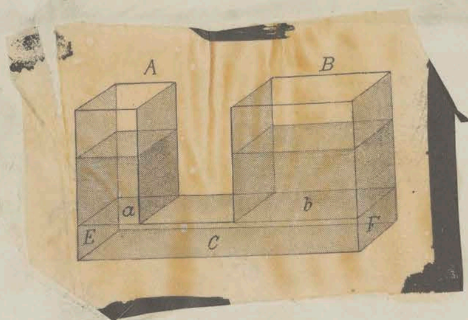
47



Rys. 47

|| A cap.

48



Rys. 48

płaszczyzna b – 20 cm.^{2} ~~kw.~~ pola. Jakie
ciśnienia wywiera woda na te płaszczyz-
ny? Płaszczyznę a uciska ciężar wo-
dy, ~~[illegible]~~ stojącej nad nią w naczyniu A,
podobnież płaszczyznę b uciska cię-
żar wody, stojącej nad nią w naczy-
niu B. Widzimy, że wody w naczyniu
1) B jest dwa razy tyle, ile w A, a za-
tem na płaszczyznę b działa całko-
wite ciśnienie dwa razy większe,
niż na płaszczyznę a. Tłok właś-
nie być powinno według §. … i
powiedzieliśmy tam: na tłok (lub
na płaszczyznę, co ~~to tutaj~~ nie sta-
nowi różnicy) dwa razy większy
musi działać całkowite ciśnie-
nie ~~dwa razy większe~~, jeśli
wszystko, ciecz i tłoki, ma być w rów-
nowadze.

1) i 2) stanowią pozornie circulus vitiosus, lepiej to sformułować!

— Dlaczego zaś ~~[illegible]~~ wody w naczyniu
2) B (nad płaszczyzną b) jest dwa ra-
zy tyle, ile w naczyniu A (nad a)? Dlatego,
że w B i w A woda stoi jednakowo
wysoko. Ponieważ b ma pole
dwa razy większe, niż a, więc
w razie nierówności poziomów

stosunek ilości wody i stosunek ich
ciężarów, byłby równy. Np. gdyby w a
woda stała wyżej, całkowite ciśnienie
na a byłoby więcej niż połowę cał-
kowitego ciśnienia na b, zatem
w kanale EF ciśnienie na jednost-
kę pola nie byłoby wszędzie jedna-
kowe, lecz większe w lewym końcu.
Zatem woda nie mogłaby być w rów-
nowadze, lecz musiałaby popły-
nąć na prawo, aż wysokości po-
ziomów w naczyniach wyrównałyby
się.

Do rurek połączonych (rys.) na-
lejmy rtęci: stanie w nich ~~ona~~ jed-
nakowo wysoko. Nalejmy ~~teraz np.~~
10 ~~gramów~~ g wody nad rtęć w rur-
ce węższej; jeśli rurka szersza ma
np. 5 razy większą średnicę, więc
25 razy większe przecięcie, ~~tedy~~
wtedy będziemy musieli nalać do
niej nad rtęć, 250 ~~gramów~~ g wody,
ażeby przywrócić równość rtęcio-
wych poziomów. W ten sposób zbu-
dowaliśmy przyrząd podobny, jak
na rys. ; rtęć gra tu rolę cieczy a ~~wo~~-

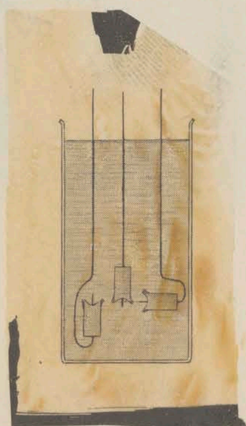
woda nad rtęcią działa tutaj tak, jak tam ciężary, położone na tłokach.

§. 43 Im głębiej w cieczy, tem większe ciśnienie.

Gdybyśmy ustawili stos cegieł, leżących jedna na drugiej, wówczas każda cegła dźwigałaby na sobie wszystkie nad nią leżące, zatem byłaby przyciśnięta ciężarem tem większym, im położona jest niżej, im dalej od wierzchu. W naczyniu z wodą dzieje się podobnie. Każda warstwa wody dźwiga na sobie warstwy, nad nią leżące, więc jest przyciśnięta ciężarem tem większym, im położona jest w cieczy niżej, im dalej od powierzchni. Ciśnienie tego ciężaru, jak wszelkiego ciężaru, jest z góry na dół pionowe; ale warstwa, która doznaje tego ciśnienia, nie tylko przenosi je na dół, lecz i roznosi na wszystkie strony, rozprowadza je i wywiera we wszystkich kierunkach; albowiem ciecze czynią tak zawsze (§.).

Powiedzmy zatem: ciśnienie cie-
czy wynika z jej ciężkości, dlatego
też, im głębiej w cieczy, tem jest
większe. Ciśnienie to, chociaż wy-
nika z działania ciężkości, dzia-
ła nie tylko na dół pionowo, lecz
zarówno we wszystkich kierunkach.
Można to sprawdzić w następu-
jący sposób. Małą szklankę obwią-
zujemy mocno cienką błoną kau-
czukową, do której przylepiona
~~jakąkolwiek~~ lekką wskazówkę (rys.
). Wprowadzona do wody, błona
wydyma się pod jej ciśnieniem.
Im szklankę zanurzamy głębiej,
tem bardziej błona się wydyma ~~wskazówka się cofa~~;
ale nie stanowi to żadnej różnicy,
czy na tym samym poziomie
trzymamy szklaneczkę ~~ją~~ błoną na dół, czy
do góry, czy na bok. Na przyrzą-
dzie jaki przedstawia rys. spo-
strzegamy podobnież: że woda ciśnie
w bok, nie tylko na dół; powtóre spo-
strzegamy ~~też~~, że ciśnie tem znaczniej, im
dalej od powierzchni. Albowiem
strumień z dolnego otworu dobiega

49



Rys 49

ale ku wnętrzu

50

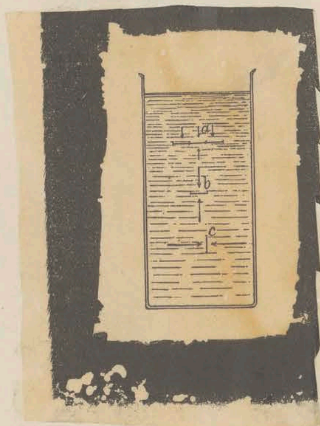


Rys. 50

dalej, niż ~~strumień~~ z górnego; stąd wnosimy (por. §.), że znaczniejsza siła go wypchnęła.

Wystawmy sobie naczynie z wodą, widziane z boku; rys. przedstawia je jakby przecięte płaszczyzną pionową. Pomyślmy sobie w niem centymetr kwadratowy a, leżący poziomo, np. o 3 cm ~~centymetry~~ pod powierzchnią. Aż do tej powierzchni stanąłby więc na nim trzy sześciany, z których każdy miałby objętość 1 cm³ ~~sześciennego centymetra~~, ważyłby przeto 1 gram. A zatem na kwadracik a działa od góry ciśnienie ciężaru 3 gramów. Ale takież ciśnienie działa na sąsiednie kwadraciki, leżące obok a na tym samym poziomie, bo one także znajdują się o 3 cm. od powierzchni; to ciśnienie przenosi się pod a, działa na a pionowo do góry (por. §.) i równoważy się także z pierwszem ciśnieniem, które działało pionowo ku dołowi. Weźmy ~~dalej~~ taki

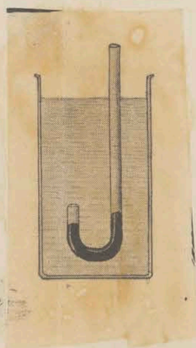
57



Rys. 51

sam kwadracik b, równy także 1 cm.^{2} ~~kwadr.~~, lecz głębiej, np. o 6 cm. od powierzchni położony. Działa nań ciśnienie 6 gramów od góry ku dołowi i równocześnie takież ciśnienie od dołu ku górze. Weźmy trzeci także ~~takiż~~ sam kwadracik c, stojący pionowo o 9 cm. pod powierzchnią; działa nań ciśnienie 9 gramów w stronę prawą i takież ciśnienie w lewą.

52



Rys. 52

Weźmy rurkę szklaną, zgiętą w dwa nierówne ramiona (rys.); nalejmy do niej rtęci i wprowadźmy pod wodę, nie zanurzając otworu dłuższego ramienia. Zobaczymy, że rtęć podnosi się w prawem, dłuższem ramieniu; a mianowicie: gdy poziom lewy jest zanurzony o 13,5 cm. pod powierzchnią wody, różnica poziomów rtęci jest równa 1 cm. Jeśli zanurzymy poziom lewy o 27 cm. pod powierzchnią, różnica poziomów podwoi się i wyniesie 2 cm. Jeśli zanurzymy rurkę trzy razy

głębiej, różnica poziomów wyniesie 3 cm. Dlaczego tak się dzieje, rozumiemy z poprzedzającego. ——

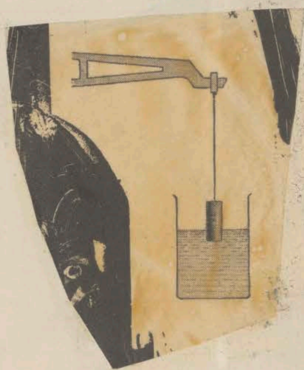
— Dlaczego zaś poziomy rtęci oddalają się od siebie właśnie o 1 cm., ile razy poziom w krótszem ramieniu oddalimy o 13,5 cm. od powierzchni wody? / ~~Bo~~ Gdyż różnica w słupach rtęci ma równoważyć słup wody, zaczynający się od poziomu rtęci w krótszem ramieniu i sięgający powierzchni, rtęć zaś jest, jak wiadomo (§.) 13,5 razy gęstsza od wody, czyli 13,5 razy cięższa od niej w jednakowej objętości. —

/ Dzieje to dlatego, że

§. 44. Ciecz usiłuje wyprzeć ciało zanurzone.

Zawiesimy na wadze walec (rys.) i zrównoważymy go ciężarkami po drugiej stronie. Zanurzając walec do wody, zobaczymy, że ciężarki przeważają, tak zupełnie, jak gdyby walec był stracił na ciężarze. Jakimże sposobem tak się ~~to~~ dzieje? Pomyślmy sobie, że kiedy walec wkracza

53



Rys. 53

Lepiej „Przypomnij sobie (§...)

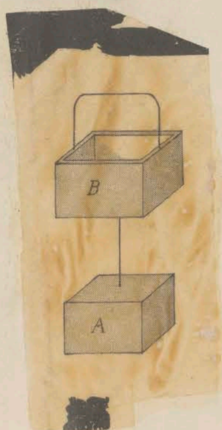
do wody, woda podnosi się dokoła w naczyniu. A zatem walec, ~~opuszczając się~~ obniżając się w wodzie, musi podnieść pewną ilość wody do góry; ~~lub kiedy dźwignąć, i~~ dlatego ciężar walca musi przezwyciężyć ciężar wody podnoszonej. Zupełnie ~~tak samo, jak kiedy~~ podobnie, gdy na dźwigni (ryc.) albo na wadze (ryc.) większy ciężar, przeważa inny mniejszy, wówczas go wprawdzie przeważa, ale sam przez to ~~stale~~ traci tyle, ile ma do zwalczenia. Np. jeśli trzy kilogramy ~~opuszczając~~ obniżając się, muszą podnosić jeden kilogram po drugiej stronie dźwigni lub wagi, wówczas działają one tak, jak gdyby były dwoma kilogramami. Tak samo walec, ważący np. 75 gramów, jeśli ~~opuszczając się~~ obniżając się, musi podnieść np. 10 gramów wody do góry, działa na wagę tak, jak gdyby miał tylko 65 gramów.

Lecz ~~teraz~~ jakąż ilość wody musi do góry podnieść walec, ~~kiedy się opuszcza~~ gdy obniża się? Oczywiście, tyle centymetrów sześciennych, ile centymetrów

sześciennych ze swej własnej objętości zanurza pod wodę, a jeśli zanurza się cały, to tyle centymetrów sześciennych, ile ich we własnej objętości posiada. Lecz ile centymetrów sześciennych wody walec podnosi, tyle gramów na ciężarze swoim pozornie traci. Powiadamy więc: ciało, zanurzone w cieczy, traci pozornie tyle na ciężarze, ile waży ciecz, której miejsce zajmuje. Sprawdźmy to. Zważmy ciało C najprzód w sposób zwykły, a potem zanurzmy je do naczynia, rys. 34, tak jak opisano w §. 33 i zważmy je powtórnie, zanurzone w wodzie. Przekonamy się, że ciało zanurzone zachowuje się tak, jak gdyby ważyło mniej, a mianowicie o tyle mniej, ile waży woda, wypchnięta przez nie do naczynia D (rys. 34.) Możemy ~~też~~ to doświadczenie i tak wykonać. Bierzemy kostkę A (rys.) i taką skrzynkę B, żeby kostka A dokładnie ją zapełniało. Zawieszamy jedną pod drugą i równoważymy

b. d.

54



Rys. 54

je po jednej stronie wagi; następnie wprowadzamy kostkę A do wody. Równowaga ~~zostanie zakłócona~~ ustaje; lecz przywrócimy ją, napełniwszy wodą skrzyneczkę B. Tak właśnie ~~musi~~ powinno być według ~~tego, co powiedzieliśmy~~ poprzedniego prawidła.

Każda ciecz usiłuje więc wyprzeć do góry wszelkie zanurzone w niej ciało. Skąd bierze się ta siła? możemy na to odpowiedzieć na zasadzie §. . Wystawmy sobie mały sześcian np. szklany, zanurzony w wodzie (ryz. , na którym narysunie i sześcian widzimy z boku). Przypuśćmy, że sześcian ma po 1 centymetrze szerokości, długości i wysokości; że ścianka górna b leży pod powierzchnią wody o 4 ~~centymetry~~ cm odległości; w takim razie ścianka dolna c leży pod nią o 5 ~~centymetrów~~ cm odległości. Zatem, według §. , ciśnienie wody na górną ściankę b równa się ciężarowi 4 gramów, a ciśnienie wody na dolną ściankę c równa się ciężarowi 5 gramów. Pierwsze

55



Ryz. 55

ciśnienie działa z góry na dół, dru-
gie z dołu do góry. ~~A więc~~ Te ciś-
nienia nie równoważą się ~~dokładnie~~,
skoro drugie, działające od dołu, jest
większe; ~~Widzimy więc~~ na sześ-
cian działa ostatecznie z dołu ~~na~~ do górę siła,
równa ciężarowi 1 grama. (Na
ścianki boczne a, a działają równe ciśnie-
nia wprost przeciwne sobie ~~nie~~
~~zwrócone ale równe~~, więc znoszą
się one dokładnie). To zatem
jest przyczyna parcia do góry, któ-
rego doznaje nasz sześcian i
wskutek którego, zajmując ob-
jętość 1 cm^3 ~~sześc.~~, traci pozornie
1 gram na ciężarze. Gdyby miał
objętość np. 15 cm^3 ~~sześc.~~, traciłby
pozornie 15 gramów na ciężarze.

56

Rys. 56

Wystawmy sobie (rys.) kawa-
łek drzewa, przypuśćmy o obję-
tości 10 cm^3 ~~sześc.~~ Jeśli zanurzy-
my go do wody, woda wypiera go
do góry siłą ~~ciężaru~~ 10 gramów.
Tymczasem kawałek drzewa
o objętości 10 cm^3 ~~sześc.~~ waży tyl-
ko 5 gramów (§.). F Zatem (kawałek drzewa) nie

F siła ciężkości ciągnie go na dół siłą 5 gramów.

może tonąć w wodzie, ani bujać w niej swobodnie, lecz musi iść do góry. Gdy dojdzie do powierzchni, kawałek drzewa pocznie wynurzać się z wody; im bardziej się wynurzy, tem mniejszego parcia do góry będzie doznawał od cieczy. Oczywista, że przestanie wynurzać się wtedy, kiedy parcie cieczy stanie się równe jego ciężarowi. Powiadamy zatem: <u>ciało pływające zanurza się tak, że ciężar cieczy, której miejsce zajmuje, jest równy całemu jego ciężarowi.</u> Możemy to sprawdzić za pomocą przyrządu, przedstawionego na rys. 34, §. 33. Napełniwszy naczynie A wodą aż do ustania wypływu, kładziemy na wodę kawałek drzewa lub lodu lub korka. Ciało to wypchnie do D tyle gramów wody, ile samo waży.

Łatwo teraz wytłumaczyć, dlaczego pod wodą poruszamy ręce i nogi tak swobodnie, jak

gdyby były pozbawione ciężaru; dlaczego dźwigamy łatwo pod wodą ciężary, których nie możemy wznieść ponad wodą; dlaczego duża pusta beczka może wydobyć z dna rzeki ciężki kamień; dlaczego kawałek mosiądzu lub szkła tonie, a kubek mosiężny lub butelka szklana nie tonie; ~~dlaczego można okręty budować ze stali~~; dlaczego trudno jest utrzymać się na nogach w rzece w wartkim prądzie, jeśli woda sięga do szyi; dlaczego lód pływa po wodzie a żelazo potonie (zob. §.).

§. 45 Powietrze.

Bardzo często zapominamy o powietrzu, w którem jesteśmy zanurzeni. Nie widzimy powietrza, nie posiada ono zapachu, zazwyczaj nie przeszkadza naszym ruchom; dlatego zwracamy na nie mało uwagi.


Rys. 57

Naprzykład powiadamy, że szklanka, w której nic nie dostrzegamy, jest próżna, czyli ~~jest~~ pusta. Tymczasem rzeczywiście nie jest ona pusta; zawiera ona coś, co, gdy jest ściskane, stawia opór. Zanurzając szklankę do wody dnem do góry (np.), zobaczymy, że woda nie wchodzi do szklanki; poziom jej w szklance jest niższy, niż na zewnątrz szklanki. Takby być nie mogłoby, według §. , gdyby na wodę w szklance nie działało jakieś ciśnienie, nie pozwalające wyrównać się obu poziomom. Powiadamy zatem: powietrze stawia opór, gdy jest ściskane; powietrze ma sprężystość objętości (§.) Powietrze stawia tu opór dlatego, że nie może ujść, że wdzieranie się wody do szklanki musiałoby zmniejszyć objętość, ~~jaką~~ powietrze zajmuje. Lecz postaci własnej powietrze nie posiada, podobnie jak nie po-

posiada jej woda. Zmieniona w swej postaci, nie okazuje ono dążności do przybrania jej napowrót, jak to czyni stal albo kauczuk. Powietrze nie ma więc sprężystości postaci. Pomyślmy sobie, jak daleco bylibyśmy skrępowani w codziennych naszych czynnościach, gdyby powietrze miało sprężystość postaci. Pozwólmy wyjść powietrzu, zawartemu w szklance, rys. i wprowadźmy np. szklankę razem z rurką, jak na rys. , a zobaczymy, że woda podnosi się w szklance do poziomu tego samego, na jakim stoi dokoła.

58

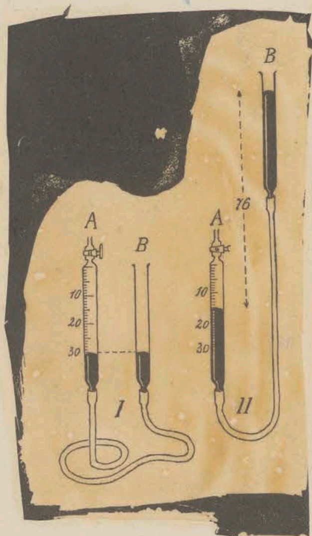


Rys. 58

§46 Ściśliwość powietrza.

Powietrze zatem ma sprężystość objętości, podobnie jak woda; zobaczmy, jak znaczną ma sprężystość objętości. Wiemy, że woda ~~ma ogromną~~ (§.§.), czyli że jest bardzo mało ściśliwa.

59



Ryc. 59

Za pomocą przyrządu, którym posługiwaliśmy się w §. 35 ym, t.j. za pomocą walca z tłokiem (ryc.), moglibyśmy przekonać się, o ile powietrze jest ściśliwe. Ale trudno zbudować go tak, ażeby tłok, chodząc łatwo, przystawał szczelnie; dlatego zastąpimy tłok wraz z ciężarem przez słup rtęci. Zbudujmy przyrząd jaki przedstawia ryc. Rurka A, opatrzona kurkiem ~~kranem~~, ma podziałkę, wskazującą, ile zawiera się w niej cm.3 ~~sześć.~~ poczynając od kurka ~~kranu~~. Za pomocą wygiętej rurki kauczukowej, rurka ta łączy się z drugą, B. Otwieramy w A kurek i doprowadzamy rtęć do rurki np. do liczby 30. ~~podziałki np. 30.~~ Oba poziomy rtęci stoją jednakowo wysoko (ryc. ,I). Zamykamy teraz ~~kran~~; zatem w A zamknęliśmy pewną ilość powietrza, takiego, jakie nas dokoła otacza, czyli atmosferycznego; tę ilość powietrza będziemy ściskali. Podnosimy rurkę B i widzimy: 1) że

┌ kurek



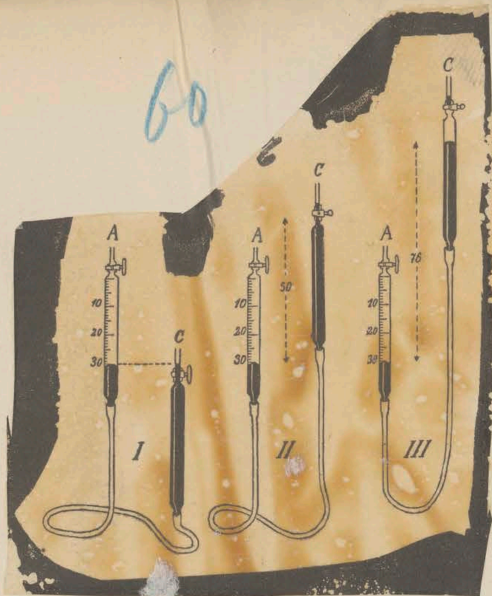
objętość powietrza w A zmniejsza się; 2) że odległość pomiędzy poziomami rtęci wzrasta (rys. , II). Widzimy, że powietrze jest łatwiej, t.j. bardziej ściśliwe, niż woda; niezbyt wysokiemi słupami rtęci można zmniejszyć znakomicie jego objętość. Zobaczmy, jakich słupów rtęci potrzeba, ażeby powietrze, uwięzione w przyrządzie, ścisnąć do dwóch trzecich, do połowy, do jednej trzeciej objętości pierwotnej; podnośmy rurkę B, dopóki rtęć w A nie dojdzie do żądanej kreski na podziałce. Przekonamy się, że pionowa odległość pomiędzy poziomami wyniesie 38 cm., gdy w A rtęć dojdzie na podziałce do [redacted],20; że wyniesie 76 cm. i nareszcie 152 cm., gdy w A rtęć dojdzie na podziałce 15, do podziałki 10. Zobaczymy dalej (§.), co te liczby znaczą.

§. 47 Ciśnienie powietrza.

Przekonaliśmy się, że ilość

powietrza, jaką zamknęliśmy w rurce A pomiędzy rtęcią a ~~kranem~~ kurkiem, wywiera pewne ciśnienie, gdy zajmuje objętość 20 cm³ ~~sześć.~~, a większe jeszcze, gdy zajmuje objętość 15 lub 10 cm³ ~~sześć.~~ Powstaje pytanie, czy nie wywiera ona już wówczas ciśnienia, gdy zajmuje pierwotną swą objętość 30 cm³ ~~sześć.~~? Wprawdzie widzimy wówczas oba poziomy na wysokości jednakiej (rys. I); ale możemy to wytłumaczyć obecnością powietrza także i w rurce B. Bo jeśli zamknięte w A powietrze ciśnie na rtęć, wtedy i powietrze, znajdujące się w B, ciśnie na rtęć, mianowicie ciśnie równie silnie, skoro w A zamknęliśmy zwykłe (atmosferyczne) powietrze. Żeby się więc przekonać, czy powietrze w A (rys.) wywiera ciśnienie, należałoby doświadczenie tak urządzić, żeby nad rtęcią w B nie było wcale powietrza. Możemy tego dopiąć, biorąc

60



Rys. 60

zamiast otwartej rurki B rurkę C, zaopatrzoną w ~~kran~~ kurek (rys.) Najprzód obniżamy rurkę C tak, że rtęć przechodzi w niej po za ~~kran~~ kurek i nieledwie przelewa się górą (rys. I). W tem położeniu zamykamy ~~kran~~ kurek C i podnosimy rurkę C do góry. (Kurek A może być przytem bądź otwarty, bądź zamknięty.) Podnosząc rurkę C, widzimy, że rtęć w niej nie opada; możemy podnieść ~~kran~~ kurek C o 20, o 50, nawet o 70 centymetrów powyżej rtęci w A, a rtęć w C nie opadnie (rys. II). Podnieśmy jeszcze wyżej, np. tak, żeby ~~kran~~ kurek C był wzniesiony o metr ponad rtęć w A. Wówczas stanie się coś nowego. Rtęć w C odrywa się od ~~kranu~~ kurka, opada i zatrzymuje się na wysokości 76 cm. po nad poziomem w A (rys. III) Jeśli podniesiemy rurkę C jeszcze wyżej, poziom rtęci nie podniesie się w niej, ani się nie zniży,

lecz zostanie wzniesiony o 76 cm. po nad poziom w A. Powiadamy, [słupkiem] że w rurce C, pomiędzy rtęcią a ~~kranem~~ kurkiem, mamy teraz próżnię. Oczywiście, powietrze tam dostać się nie mogło ani przez ~~kran~~ kurek (jeśli jest ~~n~~ szczelny), ani przez rtęć, ani przez szkło. Zresztą, opuszczając teraz rurkę C na dół, dostrzegamy, że rtęć mocno uderza o szkło, wydając odgłos dziwnie suchy — znak, że tam niema powietrza, które, jakby poduszka, łagodziłoby uderzenie rtęci. Czemuż w położeniu III. ryc., poziom rtęci w C trzyma się o 76 cm. wyżej od poziomu w A? Co podtrzymuje słup rtęci, 76 cm. wysoki? Skoro pomiędzy rtęcią a ~~kranem~~ kurkiem w C jest próżnia, przeto tam niema żadnego ciśnienia na rtęć, więc ciśnienie powietrza w A jest powodem różnicy poziomów. Zwykłe

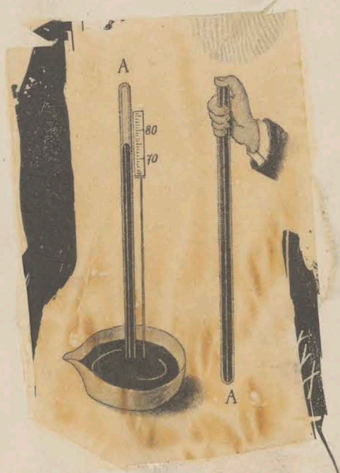
powietrze (~~takie~~ jakie nas ota-cza), wywiera ciśnienie, które może podtrzymywać słup rtęci o wysokości 76 centymetrów. —

— Rozumiemy teraz, dlaczego rtęć nie odrywała się od ~~krania~~ kurka C, dopóki był on wzniesiony nad poziom w A o 20, 50 lub 70 cm. (rys. II). Rozumiemy także dlacze-go, skoro rtęć się oderwała i próżnia się utworzyła, dalsze podnoszenie rurki C nie miało wpływu na wzniesienie gór-nego poziomu nad dolnym. Bo próżnia, czy zajmuje ma-łą objętość, czy dużą, nie wy-wiera żadnego ciśnienia.

§. 48 Barometr.

Doświadczenie poprzednie można inaczej wykonać. Rurkę A (rys.), z jednego końca zam-kniętą, z drugiego otwartą, o długości przenoszącej 76 cm., wypełniamy rtęcią. Następnie

61



Rys. 61

zamykamy ją palcem, przewracamy i wprowadzamy pod rtęć do płaskiego naczynia; odejmujemy palec ~~dopiero wówczas, kie~~ gdy otwór rurki się zanurzył. Rtęć opada w rurce A i zatrzymuje się o 76 cm. nad poziomem w płaskiem naczyniu. Możemy przekonać się o tem za pomocą krótkiej podziałki ~~stali~~ S. do której przytwierdziliśmy prosty drut stalowy, długi np. na 65 cm. Obraz drutu odbija się w rtęci, łatwo więc zobaczyć, kiedy dotyka jej zwierciadła.

Powiadamy, że ciśnienie powietrza utrzymuje słup rtęci, podniesiony w rurce A, czyli równoważy ciężar tego słupa. Gdybyśmy wzięli rurkę szerszą, np. rurkę B o przecięciu dwa razy większem, niż przecięcie A, czy słup w niej podniesiony będzie miał również 76 cm.? Gdyby tak było, słup w rurce B zawierałby dwa razy tyle

rtęci, ważyłby zatem dwa razy więcej niż słup w A; mógło-by się więc wydawać, że w B słup powinien być niższy; ale tak nie jest. Ciężar słupa w B będzie dwa razy większy, niż ciężar słupa w A; ale też bę-dzie się rozpościerał na pole dwa razy większe. Ciśnienie zatem na jednostkę pola (z.) będzie jednakowe. Możemy więc powiedzieć, że miarą ciśnienia powietrza jest słup rtęci o wysokości 76 cm.; nie potrzebujemy dodawać, jak wielkie jest przecięcie słupa. Przeciwnie, jeżeli chcemy porównać ciśnienie powietrza z ciśnie-niem, sprawianem przez pe-wien ciężar, np. przez kilo-gram, na swoją podstawę, mu-simy określić pole tej podstawy: kilogram bowiem inaczej ciś-nie na pole o 10 cm.^{2} ~~kwadr.~~; niż na pole o 20 cm.^{2} ~~kwadr.~~ Przypuść-my np., że rurka A (ryc.) ma

1cm.^{2} ~~kw.~~ przecięcia; słup podniesiony w niej rtęci zawiera więc 76cm.^{3} ~~sześć.~~, a zatem (s.) waży 76×13,5 = 1026 gramów. Zatem słup rtęci w rurce A wyraża ciśnienie przeszło kilograma na każdy centymetr kwadratowy przecięcia, na którem łączy się z rtęcią szerokiego naczynia; takie jest ciśnienie powietrza. Powietrze atmosferyczne wywiera ciśnienie przeszło kilograma na centymetr kwadratowy. Jest to potężne ciśnienie, bo centymetr kwadratowy - to niewielka rozległość (rys.). Np. na stół o rozległości jednego metra kwadratowego powietrze ciśnie siłą ciężaru 10260 kilogramów. — Ciśnienie powietrza nie jest zresztą dokładnie stałe, lecz ulega ciągłym, acz nieznacznym zmianom, zwłaszcza przy nagłej zmianie pogody. Gdy burza np. nadciąga, ciśnienie powietrza zazwyczaj się zmniej-

62



Rys. 62

sza. Powiadamy zatem, że ciś-
śnienie powietrza bywa większe
lub mniejsze niż ciśnienie słu-
pa 76 cm. wysokości, które też
dlatego nazywa się normalnem
(czyli zwyczajnem) ciśnieniem
atmosferycznem, lub krócej
atmosferą. Do mierzenia ciś-
śnienia powietrza służą przy-
rządy, zwane barometrami,
zbudowane podobnie, jak przy-
rządy z rysunków lub też .

§. 49 Objętość a ciśnienie.

Wróćmy do 3.-go. Wiemy, że
na rtęć w rurce B (rys.) działa
ciśnienie powietrza atmosfe-
rycznego, czyli 1 atmosfera. Za-
tem, kiedy poziomy w A i B
stoją jednakowo wysoko (rys.),
znaczy to, że powietrze w A
wywiera ciśnienie 1 atmosfery;
kiedy poziom w B stoi wyżej
niż A o pewną liczbę centy-
metrów, znaczy to, że powietrze

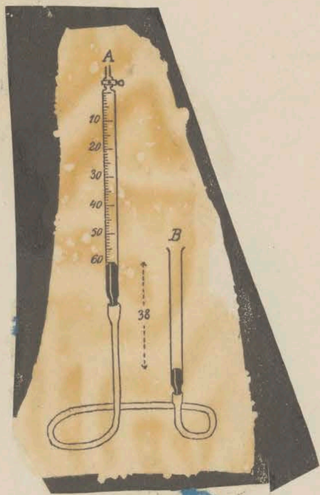
w A wywiera ciśnienie tylu centymetrów, ile wynosi odległość pomiędzy poziomami, więcej ~~więcej jedną atmosferę, t.j. więcej~~ 76 cm. Ażeby znaleźć ciśnienie powietrza w A, trzeba więc dodać zawsze 76 cm. do odległości pomiędzy poziomami. W 3-im powiedzieliśmy, jakie ~~wielkie~~ muszą być odległości pomiędzy poziomami, ażeby powietrze, które zajmowało z początku 30 cm.^{3} ~~sześć.~~, ścisnęło się do objętości 20, do 15, do 10 cm.^{3} ~~sześć.~~ Obliczmy teraz ciśnienia, które powietrze wywierało w tych objętościach.

Objętość powietrza w A.	Odległość pomiędzy poziomami B i A.	Ciśnienie powietrza w A.
30 cm.^{3} ~~sześć.~~	Zero	76 cm. czyli 1 atm.
20 cm.^{3} ~~sześć.~~	38 cm.	114 cm. czyli 1,5 atm.
15 cm.^{3} sześć.	76 cm.	152 cm. czyli 2 atm.
10 cm.^{3} sześć.	152 cm.	228 cm. czyli 3 atm.

Widzimy, że, kiedy objętość powietrza zmniejszała się do połowy (np. z 30 na 15, z 20 na 10 cm. sześć.),

ciśnienie powiększało się w dwójnasób. Tak zachowuje się powietrze. <u>Ile razy zmniejszymy objętość pewnej ilości powietrza, tyle razy powiększy się jego ciśnienie.</u>

63



Rys. 63

Zmniejszaliśmy objętość powietrza; czy nie możemy jej powiększać? Opuśćmy na dół rurkę B (rys.) zamiast ją podnosić do góry. Zobaczymy, że ~~ten~~ poziom w rurce A będzie stał wyżej, niż poziom w rurce B. To znaczy, że powietrze w rurce A wywiera teraz ciśnienie mniejsze, niż powietrze atmosferyczne, t.j. mniej, niż jedną atmosferę. Jeżeli np. poziom A stoi o 19 cm, o 38 cm. wyżej niż B, to znaczy, że powietrze w A ma ciśnienie o 19 cm, o 38 cm. mniejsze od 1 atmosfery, a więc ciśnienie 57 cm., 38 cm. Teraz więc trzeba odjąć odległość powierzchni od 76 cm., żeby znaleźć ciśnienie powietrza w rurce A. W ten sposób znajdziemy.

str. 48

Objętość powietrza w A.	Odległość pomiędzy poziomami A i B	Ciśnienie powietrza w A.
40 cm^3 ~~sześc.~~	19 cm.	57 cm = 0,75 atm.
60 cm^3 ~~sześc.~~	38 cm.	38 cm. = 0,50 atm.

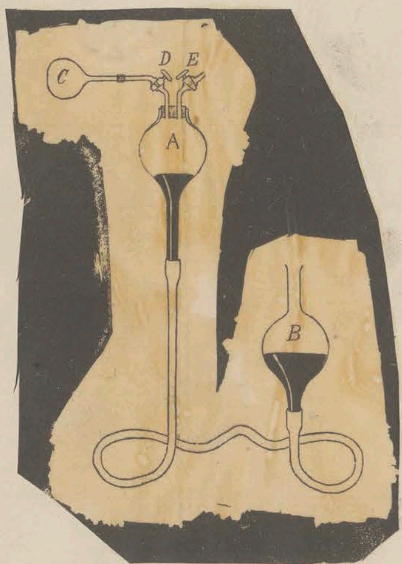
Porównajmy te ciśnienia z dawniejszemi, jakie mieliśmy przy objętości 20 cm.^{3} ~~sześć.~~ oraz 30 cm.^{3} ~~sześć.~~ Widzimy, że, kiedy objętość powietrza zwiększała się w dwójnasób (np. z 20 na 40, z 30 na 60 cm. sześć.), ciśnienie zmniejszało się do połowy. Ile razy zwiększymy objętość pewnej ilości powietrza, tyle razy zmniejszy się jego ciśnienie. Jest to prawidło takie same, jak poprzednie.

§. 50 Pompy pneumatyczne.

Ostatnie doświadczenie naprowadza na pomysł zbudowania tak zwanej pompy pneumatycznej. Wystawmy sobie balon szklany A (rys.), do którego wchodzą dwie rurki; jedna prowadzi do naczynia C, z którego chcemy wyciągnąć powietrze i ta może być zamknięta ~~kranem~~ kurkiem D. Druga prowadzi wprost nazew-

Która służy do pompowania powietrza z pewnego naczynia.

64



Rys. 64

nątrz i może być zamknięta ~~kranem~~ kurkiem E. Możemy zniżać lub podnosić rtęć w balonie A, zniżając lub podnosząc balon B, który łączy się z pierwszym rurką kauczukową. Najprzód rtęć w balonie A podnosimy aż do samych ~~kranów~~ kurków D i E. Następnie zamykamy E, łączymy D z naczyniem C i opuszczamy rtęć w A. Rtęć opadając, pozostawiałaby w balonie próżnię, gdyby nie powietrze w C, które napływa do A. Że jednak ta ilość powietrza, która pod ciśnieniem jednej atmosfery, zajmowała objętość naczynia C, rozchodzi się teraz po obu naczyniach C i A, przeto już teraz mamy w C ciśnienie zmniejszone. Jeśli np. objętość A jest trzy razy większa niż objętość C, wtedy ciśnienie w C zmniejszyło się z jednej atmosfery do 1/4 atmosfery (S.). Teraz zamykamy D, podnosimy

rtęć do góry w A i otwieramy ~~kran~~ kurek E. Tym sposobem wypędzamy nazewnątrz powietrze, które napłynęło było z C do A. Podniósłszy rtęć jak można ~~było~~ najwyżej, znów zamykamy E, otwieramy D i opuszczamy rtęć, jednem słowem powtarzamy, co czyniliśmy przed chwilą. Powietrze z C rozejdzie się znów po przyrządzie, ciśnienie w C zmniejszy się z $\frac{1}{4}$ do $\frac{1}{16}$ atmosfery. Tak samo postępować będziemy dalej. Po kilku poruszeniach rtęci otrzymamy w C bardzo małe ciśnienie, t.j. usuniemy ztamtąd powietrze prawie zupełnie. (Przy doświadczeniach z pompą przydatny bywa talerz (ryc.), przez który prowadzi rura D do pompy; na talerzu umieszcza się przedmioty, które mają znaleźć się w próżni, przykrywając je przyszlifowanym dzwonem szklanym. Dla szczelności brzeg tego dzwonu ~~sp~~ smaruje się

65



Ryc. 65

tojem.)

Opisana pompa ma tłok zrobiony, więc możną z rtęci. Budują też pompy pneumatyczne o tłokach drewnianych lub metalowych, obciągniętych skórą. Zamiast ~~kranów~~ kurków D i C robią wtedy ~~czyli~~ zastawki, które otwiera samo powietrze, napływające z pod dzwonu lub wypychane na zewnątrz.

§. 51 Skutki ciśnienia powietrza.

Przy pomocy pompy pneumatycznej sprawdzamy, co powiedzieliśmy o ciśnieniu powietrza. Wstawmy np. pod dzwon (rys.) butelkę, zaopatrzoną w korek, przez który przechodzi rurka ~~cienka~~ wyciągnięta (rys.) i w butelce tej znajduje się woda. Gdy pompa zacznie działać, woda tryska z rurki. Albo też wprowadźmy barometr pod dzwon pompy, jak wskazuje rys. Słup

66

Rys. 66

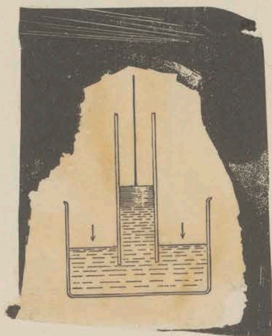
67

D

Rys. 67

w barometrze będzie opadał coraz niżej, im dłużej pompa będzie działała. Zamknijmy wylot rury D w talerzu (rys) palcem lub dłonią; w miarę pompowania czujemy, że coś wtłacza nam skórę do rurki. Postawmy na talerzu szeroką rurę szklaną, której otwór górny obwiązaliśmy pęcherzem lub błoną kauczukową; wskutek działania pompy błona staje się wklęsłą ku dołowi i w końcu pęka. Wszystkie te skutki sprawia ciśnienie powietrza. Nie wydają się one nam dziwne, skoro ciśnienie to równa się, jak doszliśmy, przeszło kilogramowi na centymetr kwadratowy.

68



Rys. 68

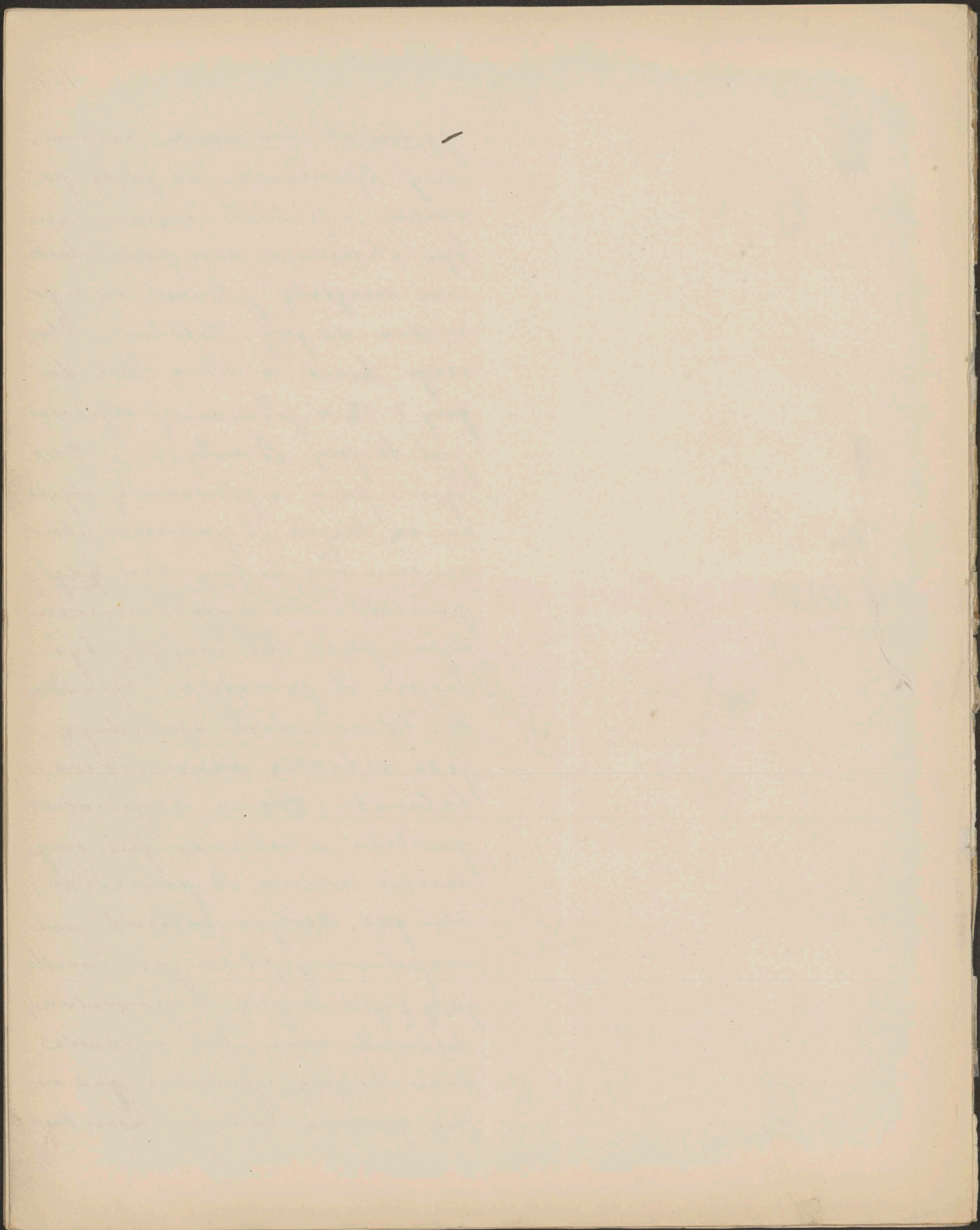
Weźmy rurkę, w której porusza się tłok (rys.); zanurzamy ją dolnym otworem do wody i podnosimy tłok. Tym sposobem stworzy się pod tłokiem próżnia, którą natychmiast napełnia woda, bo wciska ją tam ciśnienie

zewnętrznego powietrza. Na tej zasadzie polega działanie pomp wodnych w zwykłych studniach. Gdybyśmy zanurzyli rurkę naszą z tłokiem (rys.) do rtęci, wiemy, że wciągnęlibyśmy ją na wysokość 76 cm.; ale nie wyżej. Woda jest 13,5 razy mniej ciężka od rtęci, więc można podnieść w ten sposób wodę o wysokość 13,5 x 76 cm. czyli o wysokość przeszło 10 metrów, ale nie wyżej. Zwyczajna pompa nie może podnieść wody o większą wysokość.

§. 52 Powietrze usiłuje wyprzeć ciało zanurzone.

Zkąd bierze się ciśnienie w powietrzu atmosferycznem? W naczyniu pełnem wody mamy też ciśnienie; wiemy (§.) że jest ono poprostu ciężarem wody. Czy tak samo jest w powietrzu? Czy powietrze ma ciężar? Nie, bowiem przekonamy się (§.), że

powietrze ma ciężar i zauważmy tymczasem, iż gdyby powietrze nie miało ciężaru, ani dym z komina, ani para z kotła, nie mogłaby podnosić się w powietrzu do góry. Istotnie: Dlaczego korek w wodzie idzie do góry? Bo w jednakowej objętości jest lżejszy od wody (§.) Więc dym i para w jednakowej objętości są lżejsze od powietrza, skoro w niem idą do góry. Lecz gdyby powietrze nie miało ciężaru, dym i para nie mogłyby być lżejsze od powietrza. Sprawdźmy to. W miastach sprzedają, jako zabawkę kauczukowe balonki. Sama kauczukowa powłoka w baloniku jest oczywiście cięższa od powietrza; ale gaz, którym balonik jest napełniony, (t. zw. gaz oświetlający) jest lżejszy od powietrza; balonik więc idzie w powietrzu do góry, podobnie jak w wodzie próżna zakorkowana bu-

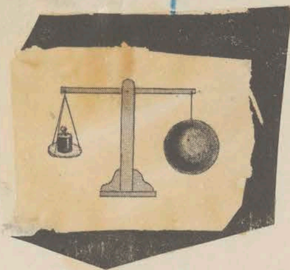


butelka. W taki sam sposób bywają urządzane wielkie <u>balony</u>, któremi ludzie wznoszą się w powietrze. || a capo

|| Umieszczony pod dzwonem pompy pneumatycznej, balonik wzlatuje aż do szczytu dzwonu, lecz wnet opada na talerz, skoro pod dzwonem zrobimy próżnię; istotnie więc <u>ciało, zanurzone w powietrzu, doznaje parcia do góry, tak samo, jak ciało, zanurzone w wodzie.</u> (§.) Parcie, którego doznaje balonik, jest większe, niż jego ciężar; dlatego balonik wzlatuje do góry. Kawałek szkła albo metalu nie wzlatuje do góry w powietrzu, bo ciężar jego jest znacznie większy niż parcie do góry; zawsze jednak to parcie przeciwdziała ciężarowi, t.j. pozornie go zmniejsza.

Zobaczmy, czy pozorna strata w powietrzu jest, tak jak w wodzie, tem większa, im większa jest objętość ciała. Weźmy

69



Ryc. 69

małą wagę, na której zrównoważyliśmy (ryc.) lekką, pustą w środku kulę ciężarkami, śrutem lub rtęcią. Zrównoważyliśmy ją w powietrzu; a ponieważ kula ma objętość większą, niż ciężarki, więc powinna doznawać parcia do góry większego. Zatem, ~~jeśli tak jest~~, kula naprawdę musi być cięższa niż ciężarki a równoważy się z niemi jedynie dzięki pomocy parcia powietrza. Istotnie; wstawmy wagę pod dzwon pompy i wyciągnijmy powietrze a zobaczymy, że strona wagi, po której wisi kula, przechyli się ku dołowi.

§. 53 Ciężar powietrza.

Ciało, zanurzone w wodzie, traci (§.) pozornie na ciężarze tyle, ile waży woda, której miejsce zajmuje. Zobaczmy, czy to samo stosuje się do

$5 \times 5 \times 4$

20

$100\ m^3$

$\frac{1}{1000}\ m^3$ ... 1,2 gr

$1\ m^3$ ... 1200 gr

85
12

170
85

1020

$\frac{1}{10}$

powietrza. Przypuśćmy, że kula w przyrządzie ryc. ma 1000 cm.^{3} sześć., czyli 1 litr objętości; dalej, że jest zrobiona z bardzo cienkiej blachy, tak, że waży kilkanaście gramów; w takim razie ciężarki zajmują tylko kilka cm.^{3} sześć. i możemy pominąć parcie, którego doznają w powietrzu. Zrównoważywszy kulę w powietrzu, widzimy, jak powiedziano, że w próżni kula przeważa. Teraz, zrównoważywszy kulę w powietrzu, dodajmy jeszcze 1,2 grama po stronie ciężarków; wówczas w powietrzu ciężarki będą przeważały, ale w próżni będzie równowaga. To dowodzi, że ciężar kuli zmniejsza się w powietrzu, wskutek parcia o 1,2 grama. Zatem, litr powietrza musi ważyć 1,2 grama.

Żeby to sprawdzić, potrzeba dokładnej wagi oraz bani szklanej z ~~kranem~~ kurkiem (ryc.). Za pomocą pompy pneumatycz-

70



Ryc. 70

nej usuwamy z bani powie-
trze; następnie, zamknąwszy
~~kran~~ [kurek], zawieszamy banię na
wadze i równoważymy ją śru-
tem lub rtęcią. Nareszcie otwie-
ramy ~~kran~~ [kurek] i dokładamy ciężar-
ków tyle, ile potrzeba do przy-
wrócenia równowagi. Dołożymy
w tym celu 1,2 grama, jeśli ba-
nia, aż do ~~kranu~~ [kurka], ma ~~jeden~~
litr objętości. Zatem wresz-
cie: *litr powietrza waży
1,2 grama*. Czy nie popełni-
liśmy tu jednak błędu, skoro
bania, ważona w powietrzu,
musiała tracić na ciężarze?
Nie popełniliśmy błędu, bo
nie szło nam o ciężar bani,
lecz o *przybytek* w jej ciężarze,
spowodowany tem, że weszło
do niej powietrze. Ilekolwiek
bania traciła na ciężarze,
wszystko jedno, bo traciła
zarówno w pierwszem, jak w dru-
giem ważeniu. Jeśli nie zna-
my objętości bani, ważymy

855
12
1710
855
10260

85
12
170
85
1020

ją po raz trzeci pełną wody. Ile gramów musimy teraz dodać (do śrutu lub rtęci, które równoważyły banię w pierwszem ważeniu), tyle cm. sześć. bania ma objętości.

Powietrze ma zatem stosunkowo znaczny ciężar. Duży pokój może mieć długości i szerokości np. po 5 m ~~metrów~~, a wysokości – 4 m ~~metry~~; w takim razie zawarte w nim powietrze waży 120 kg ~~kilogramów~~. Litr wody waży kilogram, zatem powietrze jest około 850 razy mniej ciężkie niż woda, t.j. ma gęstość $\frac{1}{850}$.

§. 54 Gęstość a ciśnienie.

Wystawmy sobie ~~Pomyślmy~~ litr powietrza atmosferycznego, np. nad rtęcią w rurce A, rys.   Mamy w nim jak wiemy, 1,2 grama powietrza. Przypuśćmy, żeśmy objętość tego powietrza powiększyli w dwójnasób; zmusiliśmy tym sposobem

1,2 grama do rozejścia się po objętości dwóch litrów. Zatem w pierwszym litrze zostało tylko 0,6 grama powietrza; 0,6 grama przeszło do drugiego. Widzimy więc, że ciężar litra powietrza zmniejszył się do połowy i że gęstość powietrza zmniejszyła się do połowy. Powiadamy: *W jakim stosunku zwiększamy objętość pewnej ilości powietrza, w takim stosunku zmniejsza się jego gęstość.*

Lecz jeśli zmienia się objętość, którą zajmuje 1,2 grama powietrza, to zmienia się także jego ciśnienie. Zajmując jeden litr, 1,2 grama wywiera ciśnienie 76 cm. rtęci; rozszerzywszy się do objętości podwójnej, będzie wywierał (§.) ciśnienie dwa razy mniejsze. Zatem, gdy gęstość powietrza zmniejszyła się do połowy, ciśnienie zmniejszyło się również do połowy. Możemy powiedzieć na zasadzie §. go:

doskonale

W jakim stosunku zmniejszymy gęstość pewnej ilości powietrza, w takim zmniejszy się jego ciśnienie; dla tego mówi o powietrzu, które wywiera ciśnienie mniejsze, niż atmosferyczne, że jest rozrzedzone. Innemi słowy, W danej objętości może być powietrza więcej i mniej; jeśli jest go 2 gramy, ciśnienie jest dwa razy większe, niż jeśli jest go gram; jeśli jest go 3 gramy, ciśnienie jest trzy razy większe. Każdy gram powietrza sprawia więc swoje ciśnienie, czy w owej objętości są inne gramy powietrza, czy ich niema. — Ciało, które ma takie własności, nazywamy ciałem gazowem albo gazem. Powietrze zatem jest ciałem gazowem. Lecz, jak prócz wody, jest wiele innych ciał ciekłych, podobnież, prócz powietrza, jest wiele innych ciał gazowych, o czem dowiemy się

dokładniej z Chemii, a także z Rozdziału o cieple.

§. 55 O wysokości atmosfery.

Kula ziemska jest pokryta powłoką powietrza. Wejdźmy na wysoką wieżę, wstąpmy na szczyt góry, wznieśmy się balonem – znajdziemy tam wszędzie powietrze. A zatem żyjemy w głębi ogromnego oceanu powietrza, jak rośliny dna morskiego, które żyją w głębi ogromnego oceanu wody. Jak wysoko sięga ten ocean powietrza, ta atmosfera, jak go nazywają? Gdzie się ona kończy? Mimowoli nasuwa się takie pytanie.

Zdawałoby się, że trudno można na nie odpowiedzieć. Wystawmy sobie ~~jeden metr kwadratowy~~ 1 m² leżący poziomo na ziemi. Wiemy (§.), że ciśnienie powietrza ciąży

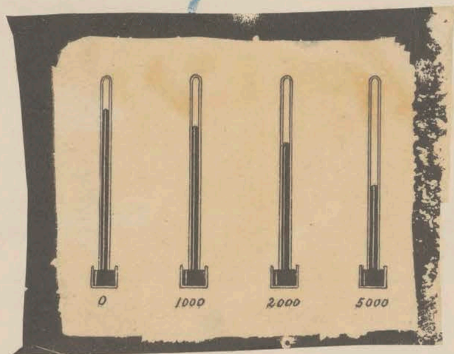
nanim ciężarem 10260 ~~kilogramów~~ Kg. A ponieważ ciśnienie powietrza wynika z ciężaru powietrza (§.), więc 10260 Kg ~~kilogramów~~ jest to ciężar słupa powietrza, który wznosi się na podstawie metra kwadratowego, od ziemi aż do krańców atmosfery. Ponieważ ~~dalej~~ zaś metr sześcienny powietrza waży 1,2 Kg ~~kilograma~~ (§.), zdawałoby się przeto, że wspomniany słup, ażeby mógł pomieścić w sobie 10260 Kg ~~kilogramów~~ powietrza, powinien składać się z $\frac{10260}{1,2}$ czyli z 8550 sześcianów, mających każdy po metrze wysokości; t.j. zdawałoby się, że powinien mieć 8550 metrów wysokości. Czy zatem atmosfera ma 8550 metrów wysokości? Bynajmniej tak nie jest, atmosfera sięga znacznie wyżej, jak to zaraz zobaczymy.

§.56 Im wyżej, tem powietrze rzadsze.

W wodzie, im głębiej, tem ciśnienie większe (§.); i tak być musi, skoro ciśnienie w wodzie, w pewnej głębokości, – to ciężar wody, powyżej leżącej. W powietrzu jest podobnie: ciśnienie w atmosferze, w pewnej wysokości, to ciężar powietrza, powyżej leżącego. A zatem, w miarę oddalania się od powierzchni ziemi, ciśnienie powietrza musi być coraz mniejsze; my zaś, na dnie atmosfery, mamy największe ciśnienie powietrza. Że tak jest, okazuje się w każdej podróży balonem. Przy wzlocie balonu, na powierzchni ziemi, barometr pokazywał (przypuśćmy) 76 cm.; w takim razie na wysokości 1000 ~~metrów~~ m, 2000 ~~metrów~~ m, 5000 ~~metrów~~ m będzie pokazywał tak, jak to przedstawia rys. Sprawdzono też, że na

doskonale

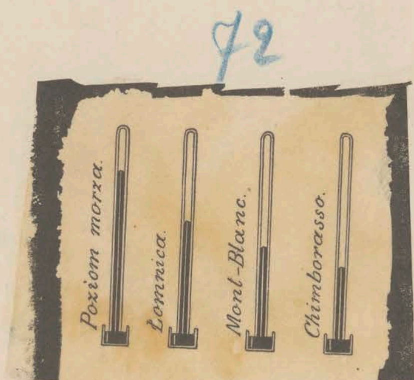
71



Rys. 71

mięjamo

72



Rys. 72

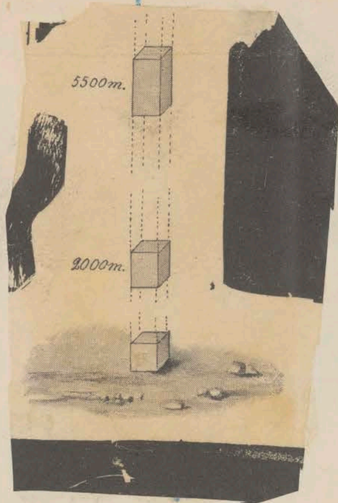
wszystkich gór ciśnienie jest mniejsze niż w dolinach; na wyniosłych płaskowzgórzach — mniejsze, niż u poziomu morza. Rys. przedstawia wysokość barometru u poziomu morza, na szczycie tatrzańskim Łomnicy, na górach Mont-Blanc i Chimborasso.

Jeśli ciśnienie w atmosferze jest coraz mniejsze, im dalej od ziemi, to ~~tej~~ powietrza dowód (§.): im dalej od ziemi, tem gęstość powietrza jest mniejsza, tem powietrze jest rzadsze. Istotnie, w górach i w balonie znajdujemy coraz rzadsze powietrze, im wyżej się wznosimy. Dlaczego nie dostrzegamy w wodzie podobnego ~~przyros~~tu gęstości ku dołowi, np. w dużym zbiorniku? Bo woda jest (§.) nadzwyczaj mało ściśliwa. Ciężar wysokiego nawet słupa wody jest jeszcze zbyt słaby, ażeby mógł ścisnąć

wodą w sposób dostrzegalny. A zatem słup wody jest podobny do stosu cegieł, leżących na sobie; a słup powietrza byłby raczej podobny do stosu materaców sprężynowych, leżących na sobie: im który niżej leży, tem mocniej jest ściśnięty. –

To tłomaczy, dlaczego otrzymaliśmy błędny wypadek, obliczając wysokość atmosfery w artykule poprzednim. Obliczaliśmy, jak wysoki musi być słup, mający za podstawę 1 m² ~~metr kwadratowy~~, ażeby mógł pomieścić 10260 kg ~~kilogramów~~ powietrza. Gdyby 1,2 kg ~~kilograma~~ powietrza zajmowało zawsze 1 m³ ~~metr sześcienny~~, słup ten musiałby mieć, jak powiedzieliśmy, 8550 m ~~metrów~~ wysokości. Ale 1,2 kg ~~kilograma~~ powietrza tylko tuż nad powierzchnią ziemi zajmuje 1 m³ ~~metr sześcienny~~; im wyżej zaś tem powietrze rzadsze, więc tem większą

73-



Rys. 73

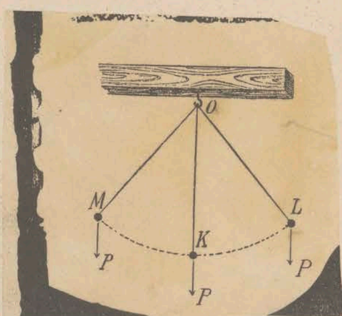
objętość brać trzeba, żeby znaleźć w niej zawsze 1,2 ~~kilograma~~ kg. Idźmy w naszym słupie do góry, poczynając od ziemi (rys.); dzielmy go na takie prostopadłościany, żeby każdy mieścił w sobie 1,2 ~~kilograma~~ kg powietrza. Prostopadłościan leżący tuż przy ziemi jest sześcianem i ma metr wysokości. Prostopadłościan, leżący o 2000 metrów od ziemi, ma 1 ~~metr i~~ m 27 cm., prostopadłościan leżący o 5500 ~~metrów~~ m ma 2 ~~metry~~ m wysokości. Widzimy zatem, że na wysokości 2000 ~~metrów~~ m nie pomieści się 2000 prostopadłościanów, lecz mniej; na wysokości 8550 ~~metrów~~ m nie pomieści się 8550 prostopadłościanów, nie pomieści się zatem 10.260 ~~kilogramów~~ kg powietrza. Atmosfera musi sięgać znacznie wyżej, niż 8550 ~~metrów~~ m. —

— ~~Koniec Części 27.~~ —

Rozdział trzeci.

O falach. O głosie.

§ 57. Ruch wahadłowy.



Rys. 74.

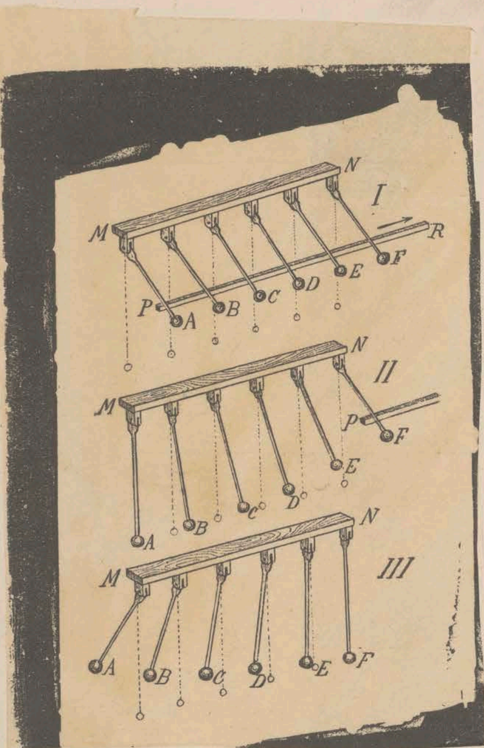
Jak w §. 12-ym, zawiesimy na haku drut, zakończony kulą (rys. 74.). Wiemy, że drut wisi spokojnie tylko w położeniu pionowem OK. Gdy go odchylimy np. do OL, t.j. gdy podniesiemy kulę aż do miejsca L i następnie ją puścimy, zacznie się ona poruszać ku K, ale nie zatrzyma się w miejscu K, przejdzie po za K, np. aż do M. Dlaczego? Ponieważ kula jest bezwładna i ponieważ, przybiegając do K, ma ona prędkość a więc i energię, nabytą na drodze LK. A zatem kula przejdzie po za K, jakkolwiek w miejscu K siła ciężkości (KP) nie skłania jej do dalszego ruchu (por. §.12); będzie się ona wznosiła dopóty, do-

póki jej energia nie wyczerpie się na pracę wznoszenia. Gdy się to stanie, kula zatrzyma się i zaraz pocznie opadać ku K. Powróciwszy do miejsca K, kula znowu przejdzie po za nie, wzniesie się z przeciwnej strony np. aż do L, zatrzyma się i znów pocznie opadać ku K; ~~W sposób~~ taki ruch coraz dalej odbywać się będzie. Ruch taki nazywa się wahadłowym a ciało, które go odbywa, nazywa się wahadłem.

sposób

§ 58. Rozchodzenie się ruchu wahadłowego.

Pod deseczką MN (rys. 75 I) zawieszamy szereg wahadeł: A, B, C, D, E, F i odchylamy je wszystkie razem przy pomocy pręta PR, podstawionego pod druty wahadeł. Przypuśćmy teraz, że wysuwamy pręt PR z pod wahadeł w kierunku, jaki pokazuje strzałka. Wahadła zaczynają opadać ku pionowym swym położeniom ~~Wyobrażenie widzimy~~ (na rys. 75 I ~~górne położenia~~ widzimy je kropkowane);



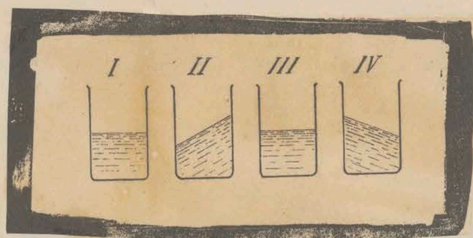
Rys. 75.

dobiegłszy do nich, poruszają się dalej, podnoszą się po stronie przeciwnej. Jednem słowem odbywają ruch wahadłowy, podobnie jak wahadło Ok w artykule poprzednim. Lecz pręta Pk nie wysunęliśmy odrazu z pod wszystkich wahadeł; wysunęliśmy go naprzód z pod A, chwilę później z pod B i t. d. Zanim przeto wahadło B rozpoczęło swą drogę, A już część swojej drogi odbyło. Na ryc. 75, II widzimy chwilę, gdy A przebiega przez położenie pionowe, gdy B, C, D, E biegną na lewo, ku swoim położeniom pionowym, zaś F dopiero rozpoczyna swą drogę na lewo. Na ryc. 75, III widzimy nieco późniejszą chwilę, gdy A zawraca już i zaczyna drogę powrotną na prawo, gdy B, C, D, E, przebiegłszy już za swe położenia pionowe, wznoszą się jeszcze ku górze, zaś F przebiega właśnie przez swe położenie pionowe.
A zatem widzimy, że jeśli A w pewnej chwili jest w pewnem położeniu, to chwilę później B będzie w takiem samem położeniu, chwilę

później będzie w niem L i t. d. Dowia-
dujemy się więc, że tu w szeregu waha-
deł ruch wahadłowy postępuje, po-
suwa się czyli rozchodzi się z pewną
prędkością. Istotnie: potrzeba na
to pewnego czasu, ażeby któregol-
wiek jakieś położenie (np. największ-
sze wychylenie się na lewo) udzieli-
ło się od wahadła A aż do waha-
dła F, t. j. ażeby posunęło się ono
o odległość AF. Widzimy dalej, że
same wahadła, wahając się, nie
posuwają się ani ku jednemu
ani ku drugiemu końcowi deszcz-
ki MN; wahają się one poprzecz-
nie, czyli prostopadle do kierun-
ku MN. Tylko ruch ich, ruch waha-
dłowy, posuwa się czyli postępu-
je w kierunku od M do N.

§ 59. Kołysanie się wody.

W szklance woda ma powierzchnię
poziomą, dopóki jest w spoczynku;
ale popchnijmy szklankę po stole
a powierzchnia pocznie się zaraz



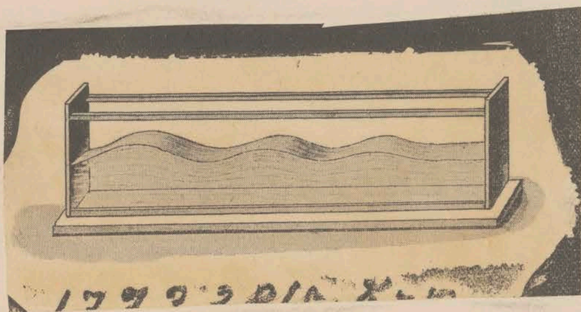
Rys. 76.



Rys. 77

kołysać: z poziomej ~~stoja~~ (rys. 76, I) staje się pochyłą (II), ale tylko na chwilę, gdyż zawraca natychmiast w stronę przeciwną (III, IV). Łatwo bowiem zrozumieć ~~sposobnie~~, że woda nie może trwać w położeniu takiem, jak na rys. 76, II lub ~~jak na rys.~~ 77. Wystawmy sobie ~~x~~ pionowo stojący kwadracik a wewnątrz wody; na rys. 77 widzimy go z boku. Woda z prawej strony kwadracika a znajduje się dalej od powierzchni, niż z lewej, a zatem z prawej strony a woda ciśnie (por. § 43.) silniej, niż z lewej. Więc woda nie może zostać w tem położeniu, podobnie jak wahadło nie może zostać w położeniu OL (rys. 74.). Woda płynie ze strony prawej na lewą, przybiera położenie III (rys. 76.), lecz przez bezwładność porusza się dalej i dochodzi do IV, podobnie jak wahadło, doszedłszy do położenia OK, przez bezwładność porusza się dalej i dochodzi do OM ze strony przeciwnej.

§60. Fala na wodzie.

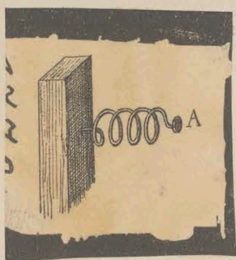


Rys. 78.

Weźmy koryto, pełne wody (rys. 78.) i puśćmy dużą kroplę ~~wody~~ na powierzchnię u końca koryta. W ten sposób wprawiliśmy wodę u końca koryta w ruch wahadłowy. Jak w szeregu wahadeł (§58.) ruch udziela się coraz dalszym wahadłom i rozchodzi się wzdłuż całego ich szeregu, podobnież w korycie, które jest jakby szeregiem szklanek, połączonych ze sobą, ruch wahadłowy wody u końca koryta udziela się dalej i rozchodzi się po całem korycie; widzimy wtedy zmarszczkę lub falę, która biegnie po powierzchni. Posypmy powierzchnię wody miałem korkowym lub drzewnym; zobaczymy, że pływające cząsteczki podnoszą się i opadają, gdy fala przebiega, ale nie posuwają się ani naprzód, ani wstecz. A zatem, gdy fala przebiega, nie sama woda posuwa się naprzód, lecz tylko jej kołysanie się, jej ruch

wahadłowy posuwa się naprzód czyli postępuje wzdłuż korytka. Podobnie, gdy na powierzchnię wody w stawie lub rzece wrzucimy kamień, wstrząśnienie powierzchni rozchodzi się we wszystkich kierunkach i dlatego widzimy fale w postaci kół, rozbiegających się po powierzchni.

§61. Fale ~~w~~ w sprężynie.

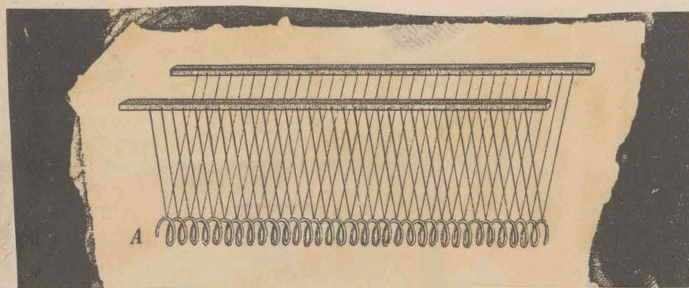


Rys. 79.

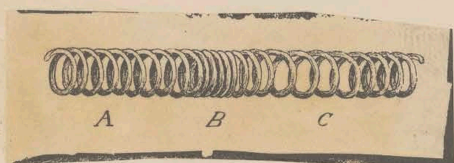
Weźmy krótką sprężynkę (zrobioną przez skręcenie drutu koło rury), umocujmy ją na jednym końcu (rys. 79.) a na drugim przytwierdźmy, dla uwidocznienia ruchu sprężyny, kawałek papieru A. Jeśli sprężynę ściśniemy, budzi się w niej siła sprężystości ~~(§)~~ zatem, gdy ją puścimy, sprężyna nie pozostanie ściśnięta, lecz pocznie powracać do pierwotnej ~~swojej~~ długości a gdy ją osiągnie, wydłuży się jeszcze nieco przez bezwładność. Znak A

będzie się poruszał na lewo i na prawo, będzie się <u>wahał</u>, podobnie jak kula wahadła, jak kawałek korka na kołyszącej się wodzie.

Zróbmy teraz podobną, lecz długą, do 2 metrów np. mającą, sprężynę (Dobrze jest wziąć drut miedziany o grubości 2 mm, każdemu skrętowi dać około 7 cm średnicy i zrobić około 70 skrętów na długości 2 m.) i zawieśmy sprężynę ~~ją~~, jak na rys. 80-ym. Uderzając koniec A młotkiem, ściśniemy najprzód tylko kilka pierwszych skrętów sprężyny; lecz ściśnięcie to ~~wnet~~ udziela się (niebawem) dalej i biegnie przez sprężynę aż do drugiego końca. Powiadamy, że <u>fala ściśnięcia</u> <u>przebiegła</u> <u>tu</u> <u>przez sprężynę</u>. Gdybyśmy, przeciwnie, pociągnęli koniec <u>A</u> ku sobie, bylibyśmy rozciągnęli w pierwszej chwili kilka pierwszych skrętów i <u>fala</u> <u>rozciągnięcia</u> byłaby przebiegła sprężynę. Pociągnijmy scyzorykiem prędko po skrętach



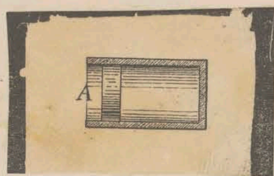
Rys. 80



Rys. 81.

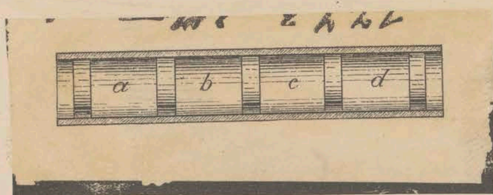
sprężyny a ściśniemy kilka skrętów i rozciągniemy kilka następnych, tak, że, jedna za drugą, fala ściśnięcia B i fala rozciągnięcia C przebiegają sprężynę (rys. 81).

§. 62. Fala w powietrzu.



Rys. 82.

Powietrze jest również ciałem sprężystem; w powietrzu ściśniętem budzi się siła sprężystości podobnie, jak w sprężynie ściśniętej. Tłok np. A, bardzo lekki (rys. 82), wepchnięty nagle do rurki, poruszałby się dzięki sprężystości powietrza naprzód i wstecz, podobnie jak kula A na sprężynie (rys. 79.), gdyby nie przeszkadzało mu tarcie o ścianki. Wystawmy sobie rurę pełną powietrza i w niej szereg tłoków ruchomych (rys. 83.). Ściśnięcie powietrza w pierwszej przegródce a niebawem udzieli się dalszym przegródkom b, c, d t. j. pobiegnie przez rurę aż do dna,

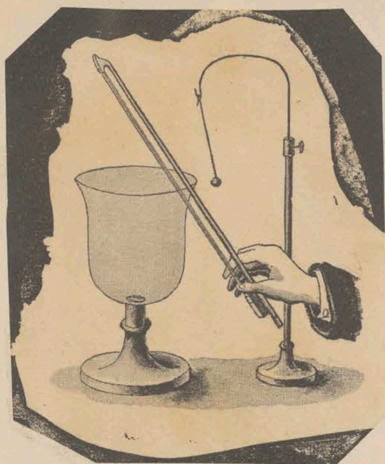


Rys. 83

giego jej końca, podobnie jak ściśnięcie kilku pierwszych skrętów w sprężynie (rys. 80.) pobiegło przez nią aż do drugiego jej końca. Powiemy wówczas, że fala ściśnięcia czyli zgęszczenia biegnie przez powietrze. Podobnież może biedz przez powietrze fala rozrzedzenia. Tarcie o ścianki przeszkadzałoby tutaj posuwaniu się fali; ale, jak zaraz zobaczymy, gdy w powietrzu rozchodzi się głos, taka właśnie fala biegnie przez powietrze, pomimo, iż nie jest ono ujęte w żadne stałe przegrody.

§. 63 - Powstawanie głosu.

Uderzmy brzeg dzwonu lub pociągnijmy ponim smyczkiem; słyszymy głos. Zkąd głos powstaje? Możemy łatwo dowieść, że dzwon drga, dopóki głos się rozlega. Czujemy drganie dzwonu, dotykając go ostrożnie palcem lub ustami; jeśli dotkniemy za mocno,



Rys. 84.

stłumiony drganie zaraz też umilknie głos, który słyszymy. Zbliżamy lekkie wahadełko (rys. 84.) do dzwonu, wydającego głos; będzie ono odskakiwało, raz wraz potrącane przez drgający dzwon. Struna dźwięcząca podrzuca lekkie skrawki papieru czyli „koniki", które pozawieszaliśmy na niej; wydaje się też jakgdyby grubsza, dopóki wydaje głos. Widzimy więc, że <u>każde ciało drga, gdy wydaje głos.</u>

§ 64. Głos rozchodzi się w powietrzu.

Jeśli drgający dzwon znajduje przed sobą palec, uderza o palec; jeśli spotyka wahadełko, uderza o wahadełko; a że zazwyczaj znajduje przed sobą powietrze, więc uderza o powietrze t. j. ściska czyli zgęszcza pierwszą, przylegającą doń warstwę powietrza. To ściśnięcie czyli zgęszczenie udziela się dalej, jak w sprężynie (rys. 80.) jak w rurce abcd (rys. 83.) i



tym sposobem w powietrzu rozchodzi się _fala zgęszczenia_. Ale tymczasem dzwon, odbywając drugą część drgania, poczyna się cofać i pociągać za sobą, czyli rozrzedzać pierwszą, przylegającą doń warstwę powietrza; tym sposobem w powietrzu rozchodzi się _fala rozrzedzenia_, która biegnie tuż zaraz za pierwszą, podobnie, jak biegła za nią w sprężynie (rys. 81.). I tak przez powietrze biegną fale za sobą we wszystkich kierunkach; gdy tą drogą dojdą naszych uszu (dokładniej nerwu naszego słuchowego), wówczas słyszymy głos. Istotnie też nie słyszymy wcale głosu dzwonka, zawieszonego wewnątrz bani szklanej, jeśli z tej bani wyciągniemy powietrze. Zatem powiadamy: gdy słyszymy ~~powietrze~~ głos, ~~naprawdę~~ wtedy odbywa się po za obrębem naszej osoby tylko _ruch_ pewnego rodzaju, mianowicie _falowanie powietrza_. Głos, który słyszymy, jest naszem _wrażeniem_, wywołanem przez to falowanie, podobnie, jak ból, którego

doznajemy, gdy ktoś uderzył nas laską, jest nazwane wrażeniem, wywołanem przez ruch laski i jej uderzenie.

Powietrze, w którem rozchodzi się głos, odbywa ~~się~~ pewien ruch,* a więc musi mieć dzięki temu pewną energię (§ 23.). Istotnie: gdy strzelają z armat,* lub gdy rozlega się huczna muzyka, szyby w oknach drżą czyli „dzwonią". Skutkiem bardzo potężnych wybuchów powstaje huk tak straszny, że pod naciskiem falującego powietrza szyby pękają, ściany się załamują, a ucho ludzkie, jeśli znajdzie się na drodze, łatwo może ulec uszkodzeniu. Falowanie powietrza może więc wykonać pracę; powietrze, w którem rozchodzi się głos, ma dzięki temu pewną energię.

§ 65. Prędkość rozchodzenia się głosu.

W zwykłem powietrzu fale rozchodzą się z prędkością 340 metrów na sekundę. To znaczy, że kiedy powietrze pocznie falować w jakiemkolwiek miejscu, ~~tedy~~ wówczas falując

ono po upływie (jednej) sekundy już o 340 metrów dalej od tego miejsca. A zatem i głos w zwykłem powietrzu rozchodzi się z prędkością 340 metrów na sekundę. Niechaj np. jedna osoba A stanie w jednem miejscu, np. na małem wzniesieniu; druga osoba B niechaj oddali się od niej o 340 metrów. Przypuśćmy, że ~~pierwsza osoba~~ A uderza młotem w dzwon ~~lub w deskę~~ lub też ~~w~~ rąbie drzewo, podnosząc za każdym razem młot czy siekierę wysoko do góry; B zobaczy wówczas ruch ~~młota lub siekiery~~ ręki o całą sekundę wcześniej, zanim usłyszy głos. Jeszcze lepiej będzie strzelić w porze nocnej z pistoletu; błysk wystrzału dobiega wcześniej, niż huk. Pochodzi to stąd, iż światło biegnie nadzwyczajnie, niezmiernie prędko (zob. rozdz. VI-ty), głos zaś biegnie z prędkością 340 metrów na sekundę; Za pomocą takich doświadczeń uczeni wymierzyli dokładnie prędkość rozchodzenia się głosu. Gdy piorun uderza, spostrzegamy błyskawicę

prawie natychmiast po uderzeniu, grzmot zaś słyszymy o parę sekund później dopiero; bowiem jeśli uderzenie nastąpiło np. w odległości 1. kilometra od nas, głos zużywa blizko 3 sekundy na przebieżenie w powietrzu tej odległości.

Jeszcze raz tu widzimy, że rozchodzenie się głosu polega na rozchodzeniu się pewnego wstrząśnienia w powietrzu a nie na rozchodzeniu się samego powietrza. Gdy strzelimy z działa, głos czyli wstrząśnienie powietrza znajduje się już o 340 metrów od działa po upływie sekundy; ~~gdy~~ tymczasem dym, wyrzucony z armaty, znajduje się wówczas ~~[illegible]~~ w odległości zaledwie kilku metrów od niej ~~od działa~~. Wystawmy sobie bardzo gęsty tłum ludzi; posłaniec z trudnością tylko i powoli zdoła ~~w tłumie tym~~ poruszać się naprzód w tym tłumie; tymczasem list, podawany z rąk do rąk, albo wiadomość, podawana z ust do ust, biegnie ~~w tłumie~~ z wielką prędkością

Y porusza się

Podobnie pewna ilość powietrza lub dymu Y z trudnością ~~[illegible]~~ i stosunkowo powoli ~~[illegible]~~ przez ~~się [illegible]~~ otaczające powietrze; ale wstrząśnienie powietrza, podawane z warstwy do warstwy, rozbiega się w niem z ogromną prędkością.

§66. Rozchodzenie się głosu w ciałach stałych. ~~[illegible]~~

F Fala może biedz

L np. zegarek na końcu długiego stołu;

F ~~P~~rzez każde ciało sprężyste ~~może biedz fala~~, a zatem i głos może rozchodzić się ~~może~~ w każdem ciele sprężystem. ~~Na końcu długiego stołu~~ Połóżmy L ~~zegarek~~, przez powietrze nie słyszymy chodu zegarka, ~~gdy~~ tymczasem, przyłożywszy ucho do drugiego końca stołu, słyszymy go wyraźnie. Połączmy dwa lekkie pudełka drewniane za pomocą sznurka. Niechaj ktoś z jednem pudełkiem odejdzie na odległość kilku lub kilkunastu metrów, aż się sznurek wypręży i niechaj mówi do pudełka, nie podnosząc głosu; nie usłyszymy mowy przez powietrze

ale usłyszymy ją, przyłożywszy ucho do drugiego pudełka. ~~Podobnie~~ Stukanie o słup telegraficzny słychać wyraźnie w słupie sąsiednim; ~~p.~~ ~~Podobnie mogą~~ górnicy ⌈mogą porozumiewać się ze sobą pukaniem ~~p.~~ przez ogromne pokłady węgla lub innych minerałów.

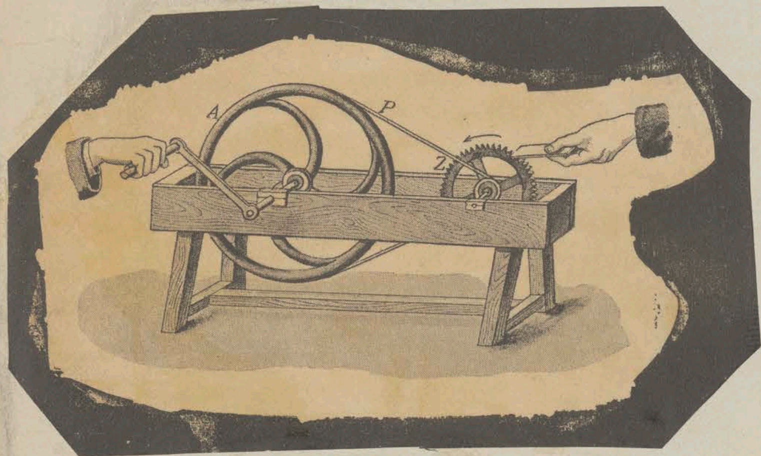
§. 67. Odgłos.

Umocujmy jeden koniec długiej sprężyny (rys. 80) zupełnie stale, przytwierdźmy go np. do ściany i spróbujmy z drugiego końca wzbudzić w niej falę. Fala powstaje, jak wprzódy, przebiega sprężynę, lecz, gdy dojdzie do ściany, zawraca się i biegnie po sprężynie napowrót. Jak piłka, rzucona o ścianę, odskakuje i biegnie napowrót, tak fala w sprężynie sofa się od ściany napowrót; powiadamy, że fala odbija się od ściany. — Podobnie ~~fale w powietrzu fale~~ mogą odbijać się ⌈fale w powietrzu; ściany budynków,

skały w dolinie, brzegi gęstego lasu wreszcie ~~odbija~~ odsyłają nam głos, skutkiem czego powstaje <u>odgłos</u> czyli echo.

§. 68. Głos urwany, głos ciągły.

Jeśli uderzymy laską o podłogę, powstaje głos krótki, urwany, który nazywamy stuknięciem. Przypuśćmy, że stukamy laską raz po raz, np. trzy razy w ciągu każdej sekundy; słyszymy wówczas wyraźnie każde uderzenie z osobna. Próbujmy teraz stukać coraz prędzej; ~~jest wtedy~~ wówczas jest nieco trudniej pochwycić każde uderzenie z osobna. Poręcze na ~~na~~ moście lub na schodach składają się często z gęstego szeregu prętów żelaznych; biegnijmy wzdłuż takiej poręczy i prowadźmy po niej końcem naszej laski. Uderzenia następują tak szybko po sobie, że nie odróżniamy już każdego z osobna, lecz słyszymy <u>głos ciągły</u>. ~~[illegible]~~ Teraz Doświadczenie to wykonamy przy



Rys. 85

pomocy koła zębatego Z (rys. 85.); można je obracać bardzo prędko, poruszając koło A, które przenosi ruch na koło Z przy pomocy pasa P. Przyłóżmy metalową blaszkę lub kartę tektury do zębów koła Z; każdy ząb, przechodząc, będzie ją uderzał. Obracając powoli, słyszymy każde uderzenie z osobna; obracając prędzej, słyszymy głos ciągły, w którym przerw rozpoznać nie jesteśmy w stanie. Przypuśćmy, że na kole Z znajduje się 60 zębów. Jeśli obracamy tak powoli, że koło to wykonywa obrót w ciągu dwu sekund, wówczas karta otrzymuje 30 uderzeń w ciągu sekundy. Przekonamy się, że to jest mniej więcej granica, gdzie pojedyncze uderzenia łączą się w głos ciągły: obracając powolniej, słyszymy urwane głosy kolejnych uderzeń; obracając prędzej, słyszymy głos ciągły, bez przerw, czyli jednolity.

wysoki, jaki np. wydaje skrzypce na najcieńszej strunie. Fortepian po lewym końcu klawiatury wydaje dźwięki nizkie, a po prawym – wysokie. Dorosły mężczyzna mówi głosem nizkim a dziecko-wysokim. Gdy jeden obrót koła Z trwał sekundę, głos powstawał z 60 uderzeń na sekundę; gdy zaś na sekundę przypadało 50, 60 lub 70 obrotów, głos powstawał z 3000, z 3600 lub 4200 uderzeń na sekundę. Powiadamy zatem: kilkadziesiąt wstrząśnień na ~~na~~ sekundę daje dźwięk niski, a kilka tysięcy wstrząśnień na sekundę daje dźwięk wysoki.

Przypuśćmy, że mamy pewien dźwięk np. złożony z 240 uderzeń na sekundę. W takim razie dźwięk, powstający z 480 uderzeń na sekundę, choć ~~od~~ ~~pierwszego~~ jest wyższy od pierwszego, ma ~~jakieś~~ ~~jakieś~~ przecież szczególne doń podobieństwo, które słuch wprawny natychmiast pozna je. Mówi się wówczas, że dźwięk taki jest wyższą oktawą pierwszego, że pierwszy naodwrót jest niższą oktawą drugiego. —

Koniec cz. III

A cap
tylko tam gdzie stoi

Rozdział czwarty.

O cieple.

Nigdzie proszę nie składać §.
tylko sam §
chociaż przepisywacz wszędzie pisał §.

§ 70. Ciała zimne, (ciała) gorące.

Gdy włożymy rękę w śnieg, czujemy zimno; gdy trzymamy ją nad płomieniem, czujemy gorąco. Jeżeli włożymy kawałek żelaza w śnieg albo w płomień, możemy być pewni, że i żelazo doznaje tam [takze] pewnego działania, albowiem ulega pewnym zmianom, nabiera pewnych nowych własności; np. staje się samo gorące, poczyna być czerwone lub ~~nawet~~ białe, (wreszcie) świeci w ciemności. Podobnie woda (w naczyniu) wstawiona ~~w naczynie~~ do płomienia, staje się gorąca a kiedy stanie się bardzo gorąca, zaczyna się gotować czyli wrzeć. Stając się przeciwnie

bardzo zimna, woda zamarza* t.j. zamienia się w lód. Wosk ogrzewany* topi się; papier ogrzewany* zwęgla się lub też się zapala. ##
A zatem ciała, sprawiające na nas wrażenie zimna lub gorąca, działają nie tylko na nas, lecz też i na inne ciała, mianowicie* oziębiają je, ogrzewają je i sprawiają w nich zmiany rozmaite.

Poznajmy dokładniej, w jaki sposób ciała gorące ogrzewają. Nalejmy do szklanki chłodnej wody i włóżmy do niej gorący kawał żelaza; po chwili woda jest letnia lub ciepła, lecz i kawał żelaza jest także letni lub ciepły; a zatem* woda się ogrzała lecz żelazo ostygło. Podobnie* piec napalony ostyga powoli w pokoju,* a jednocześnie powietrze w pokoju ogrzewa się. Ciała gorące, ogrzewając inne ciała, same stygną. Dlaczego nie widzimy, aby płomień ostygał, gdy grzeje? ponieważ w płomieniu palą się coraz

nowe ilości płonącego ciała (dla- tego świeca i nafta w lampie się wypala), przez co w płomieniu tworzy się coraz nowe gorąco. Podobnie ciała zimne, oziębia- jąc, ogrzewają się same. Jeżeli wlejemy wosk rostopiony do wody lodowatej, zobaczymy, że woda o- ziębia go bardzo znacznie (tak, iż wosk krzepnie natychmiast) ale sama staje się przytem mniej zimna.

§. 71. Ciepło.

Ogrzewajmy płomieniem wo- dę lodowatą, do której włożyliśmy rękę. Woda staje się stopniowo coraz mniej zimna; po niejakim czasie nie wydaje się już zimna, ale jeszcze nie jest go- rąca; później zaczyna być letnia, jest ciepła, nareszcie jest gorąca. A za- tem widzimy, że zimno nie jest czemś zupełnie różnem i odrębnem od gorąca. Woda, która ma bar-

dzo mało ciepła w sobie, jest zimna; woda, która ma bardzo dużo ciepła, jest gorąca. Przez doprowadzanie ciepła (z płomienia) zamieniliś-my wodę bardzo zimną na mniej zimną. Kiedy doprowadziliśmy jej dość ciepła, wydała się obojętną* dla ręki, tj. ani zimna, ani gorąca; wówczas woda była równie ciepła, jak ręka. Kiedy doprowadziliśmy jeszcze więcej ciepła, woda była cieplejsza od ręki i wydawała się gorąca. Zatem np. chłodna woda wydaje się chłodną dlatego, że jest mniej ciepła od ręki. Istotnie: potrzymajmy rękę najprzód w wodzie lodowatej, a zobaczymy, że ta sama woda, która wydawała się chłodna, sprawi teraz wrażenie ciepłej. Przeciwnie, potrzy-majmy rękę najprzód w wodzie go-rącej a przekonamy się, że ta sama woda wyda się zimną. Nie należy więc w ogóle mówić, że jakieś ciało jest zimne lub że jest gorące; lecz raczej (np.) że jest mniej

ciepłe lub bardziej ciepłe od ręki.

Zróbmy następujące porównanie. Uważajmy wysokość różnych przedmiotów w pokoju. Mówi się o przedmiotach, umieszczonych niedaleko sufitu, że są „wysoko"; o przedmiotach zaś, leżących na podłodze, (mówi się) że położone są „nizko". Nie jest to ścisły sposób wyrażania się; ściślej byłoby powiedzieć, że pierwsze są położone wyżej od nas, t.j. np. od naszej ręki lub głowy, drugie zaś są położone niżej. Podobnież nieściśle jest mówić, że jedne ciała są „gorące" a ~~drugie~~ inne są „zimne"; należy mówić, że pierwsze są bardziej ciepłe a drugie mniej ciepłe od naszego ciała, np. od ręki lub ~~od~~ czoła.

§. 72. O temperaturze.

Jeszcze lepiej byłoby powiedzieć, w poprzedzającym przykładzie, że każdy przedmiot ma pewne

wzniesienie. Lampa, wisząca u sufitu, jest bardziej wzniesiona, niż jeśli stoi na stole; piłka, rzucona do góry, jest bardziej wzniesiona, niż kiedy leży na podłodze; ~~Drugie piętro jest bardziej wzniesione, niż pierwsze.~~ Podobnie mówimy, że każde ciało ma pewną temperaturę. Ciała gorące mają temperaturę wyższą, niż ciała dla ręki obojętne; ciała zimne mają temperaturę niższą. A zatem możemy tak opowiedzieć zachowanie się gorącego żelaza wobec wody chłodnej (§. 70.): temperatura żelaza ~~była~~ z początku była wyższa niż temperatura wody; po włożeniu żelaza do wody temperatura żelaza poczęła się obniżać, temperatura wody poczęła się podnosić i po pewnym czasie temperatury tych ciał stały się jednakowe, wyrównały się. Powiadamy: ciała, mające temperaturę wyższą, udzielają

ciepła ciałom, mającym tempe-
raturę niższą; przez to tempe-
ratura pierwszych się obniża,
drugich się podnosi; gdy zaś cia-
ła mają temperatury jednakowe,
ani nie udzielają sobie ani nie
odbierają sobie ciepła nawzajem.
A zatem temperatura pewnego
ciała jest to własność tego
ciała, wskazująca, czy ono innym
ciałom ciepła udziela, czy też je
odbiera.

Tylko to kursywą

§. 73. Zero temperatur.

Możemy nie tylko to stwier-
dzić, że jedne ciała w pokoju ma-
ją wzniesienie większe, niż in-
ne; możemy zmierzyć wznie-
sienie każdego ciała w pokoju. —
— Żeby mierzyć wzniesienia,
należy zgodzić się na to, od ja-
kiego poziomu mamy je liczyć.
Lampa, wzniesiona o metr nad
poziom stołu, może być wznie-
siona o dwa metry nad poziom

podłogi, a jednocześnie ~~n~~ o sześć metrów np. nad poziom ulicy; zatem podanie samego tylko wzniesienia, bez podania poziomu, od którego je liczymy, nie miałoby określonego znaczenia. Podobnież można nie tylko to stwierdzić, że temperatury jednych ciał są wyższe, niż innych, można jeszcze temperatury te mierzyć; lecz trzeba powiedzieć, od jakiego poziomu mamy temperatury rachować.

osobno

W pokoju możemy obrać podłogę za poziom, od którego rachujemy wzniesienia; jest to poziom najniższy, pod który nie można zejść w pokoju. Obierzmy temperaturę topiącego się lodu za poziom temperatur, od którego będziemy rachowali temperatury; innemi słowy temperaturę, jaką ma mięszanina lodu lub śniegu z wodą. W pokoju nie możemy zejść poniżej podłogi; ale wiemy,

szą ciała, które znajdują się niżej. Podobnież zazwyczaj mamy do czynienia z temperaturami, wyższemi niż temperatura topiącego się lodu; ale wiemy, że istnieją temperatury, niższe od tego poziomu (§. 82.).

Ażeby zmierzyć wzniesienie lampy, lub obrazu na ścianie, lub poziomu stołu ponad podłogą, ustawilibyśmy skalę tak, ażeby zaczynała się od podłogi i szukalibyśmy, jakiej podziałce odpowiada środek lampy, wierzch obrazu, lub powierzchnia stołu. A zatem umieścilibyśmy zawsze *zero* naszej skali na poziomie, od którego rachujemy wzniesienia. Dlatego nazwalibyśmy podłogę „poziomem zero", albo „zerem skali wzniesień". Podobnież nazywamy temperaturę topiącego się lodu „*temperaturą zero*" albo „*zerem skali temperatur*".

§. 74. O mierzeniu temperatur.

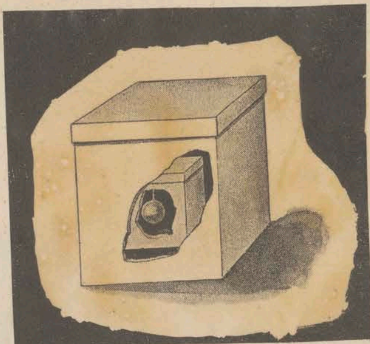
Umówiliśmy się, że temperatura topniejącego lodu ma być zerem temperatur czyli „temperaturą zero". Wybierzmy jeszcze drugą temperaturę, leżącą wyżej od zera; taką jest z pewnością temperatura wody ~~[illegible]~~ wrzącej. Umówmy się, że temperatura wody wrzącej ma nazywać się „temperaturą 100". Postępujemy tu tak, jak gdybyśmy byli pociągnęli kreskę na ścianie i rzekli: „poziom podłogi ma nazywać się wzniesieniem zero, a poziom kreski na ścianie ma nazywać się wzniesieniem 100". Gdybyśmy tylko to powiedzieli, nie byłoby jeszcze wiadomo, jak mierzyć wzniesienia przedmiotów w pokoju. Powiedzmy jeszcze dalej: ~~[illegible]~~ „prowadźmy od podłogi do danej kreski linię prostą pionową; dzielmy ją na sto równych części; każda z tych części będzie jednostką

„wzniesienia; miarą wzniesienia
„będzie zawsze odległość od podłogi
„w kierunku linii prostej piono„
„wej." Wówczas sposób mierzenia
wzniesień będzie określony ale,
nie dokładnie. Trzeba określić
podobnież ~~dokładnie~~ sposób mie„
rzenia temperatur. Trzeba po„
wiedzieć, w jaki sposób mamy
podzielić odstęp pomiędzy tem„
peraturami zero i sto na sto
jednakowych odstępów czyli stopni;
w jaki sposób mamy rachować
temperatury na stopnie, pomiędzy
~~temperaturami~~ zerem i stu a także
poniżej zera i powyżej stu. Aże„
by móc to powiedzieć, musi„
my poznać niektóre skutki, spra„
wiane przez ogrzewanie i przez
oziębianie ciał. —

A cap.

§. 75. Masa nie zależy od temperatury.

Urządźmy dwa pudełka tak,
ażeby jedno mogło pomieścić się



Rys. 86.

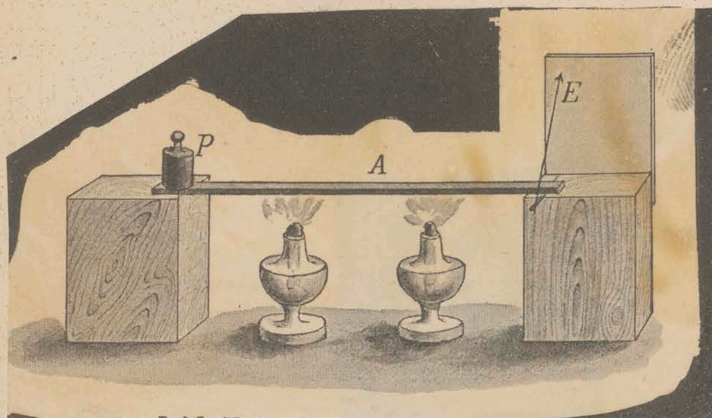
wewnątrz drugiego, jak okazuje rys. 86. Wypełniamy odstępy pomiędzy ściankami pudełek trocinami, watą lub azbestem; a wśrodku wewnętrznego pudełka zawieszamy kulkę metalową. Cały ten przyrząd postawmy na wadze i zrównoważmy go dokładnie. Wyjmijmy teraz kulę i rozgrzejmy ją mocno w płomieniu, zawieśmy ją w wewnętrznem pudełku; kula będzie tam stygła ale nadzwyczajnie powoli, tak iż przez długi czas pozostanie gorąca. Stawiając przyrząd na wadze, przekonywamy się, że kula nie straciła ani nie zyskała na ciężarze. Jakkolwiek dokładnie wykonalibyśmy to doświadczenie, nie zauważylibyśmy zmiany w ciężarze ciała, wywołanej przez ogrzanie lub przez oziębienie. Ciężar ciał nie zależy od ich temperatury. Nie zależy od niej i masa: ciała gorące spadają na ziemię równie prędko, jak zimne (por. §26.); uderzenie młotem ~~jakkolwiekbądź~~ rozgrzanym nie sprawia

skutku ani większego ani mniejszego, niż udzielenie ciałom o wyższej temperaturze.

§. 76. Objętość zależy od temperatury.

Na deseczce drewnianej połóżmy mosiężną lub miedzianą sztabkę, i wbijmy u jej końców dwa gwoździe tak, żeby zaledwie można było przesunąć sztabkę pomiędzy temi gwoździami. Ogrzejmy teraz sztabkę w płomieniu lampy a zobaczymy, że ~~sztabka~~ (ona) stała się dłuższa, bo nie przechodzi pomiędzy temi samemi gwoździami. Podobnież możemy się przekonać, że nie tylko długość, lecz również szerokość i grubość sztabki zwiększa się wskutek ogrzewania. Weźmy pierścień P (rys. 87.) ~~który jest~~, nieco większy od kuli metalowej K, i rozgrzawszy kulę, nie możemy z żadnej strony przeciągnąć przez nią pierścienia. A zatem, <u>ciała rozszerzają się wskutek ogrzewania we wszystkich</u>

Rys. 87.



Rys. 88.

kierunkach; wskutek ogrzewania objętość ciał się powiększa. Zbudujmy przyrząd, przedstawiony na rys. 88-ym. Płaską sztabę żelazną lub miedzianą A przyciskamy na jednym końcu ciężarem P; pod drugi jej koniec podkładamy igłę, tak, żeby leżała w poprzek sztaby i przylepiamy lekką wskazówkę E do uszka tej igły. Sztabka, ogrzewana, rozszerza się, więc porusza igłę i odchyla wskazówkę E. Przypuśćmy, że przed zapaleniem płomieni wskazówka stała pionowo; po zapaleniu zaczyna się zaraz odchylać, lecz po zgaszeniu zawraca i przybiera napowrót położenie pionowe. Widzimy więc, że ciała, które rozszerzyły się wskutek ogrzania, kurczą się napowrót, gdy ostygają. Gdy ~~więc~~ temperatura podnosi się, objętość się zwiększa, ale zmniejsza się napowrót, gdy temperatura się zniża i staje się taką, jaką była pierwotnie, gdy temperatura

wraca do wysokości pierwotnej. Objętość każdego ciała zależy więc od jego temperatury.

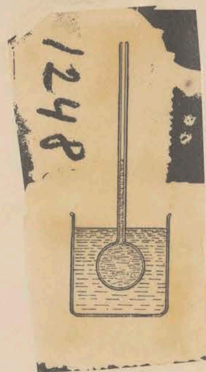
Na walec żelazny nieco stożkowaty (rys. 89.) gruba obręcz żelazna A nie wchodzi, dopóki jest zimna; rozgrzejmy ją do czerwoności a zobaczymy, że wchodzi. Wbijmy ją na walec, dopóki jest gorąca; stygnąc i kurcząc się, obręcz ściska ~~sobą~~ walec tak mocno, że niebawem pęka. Z podobnych powodów druty telegraficzne zwisają podczas lata a prostują się wzimie. Szyny kolejowe położone zimą, wykrzywiałyby się podczas lata, gdyby nie zostawiano przerwy pomiędzy jedną a drugą (zwykle około ½ cm.) ażeby temu zapobiedz.



Rys. 89.

§. 77. Rozszerzanie się cieczy.

Weźmy dość spory balon szklany, o długiej i cienkiej szyjce i wypełnijmy go alkoholem; żeby widzieć ciecz wyraźnie, można



Ryc. 90.

jż zabarwi. Wstawmy balon ((Ryc. 90.)) do wody gorącej, pilnie zważając na poziom alkoholu w szyjce balonu. Zobaczymy, że w pierwszej chwili ~~po wstawieniu~~ poziom alkoholu nieco opada, potem zatrzymuje się i poczyna iść w górę ~~(Ryc.)~~. Czyż alkohol (się) (kurczył) pod pierwszem działaniem ciepła? Bynajmniej. Zanim alkohol zaczął się ogrzewać, musiał ogrzać się przedtem balon szklany, który był wystawiony przedewszystkiem na działanie ciepła. Balon zaś, ogrzewając się, rozszerzał się, więc stawał się większym, pojemniejszym; dlatego alkohol musiał opadać. Później, gdy sam alkohol zaczął się ogrzewać, rozszerzał się i powstawał z nadwyżką rozszerzenie się balonu. A zatem widzimy, że alkohol rozszerza się, gdy temperatura się podnosi; podobnież zachowują się i inne ciecze. Widzimy powtóre, że ciepło po pewnym czasie dopiero zdołało przeniknąć przez

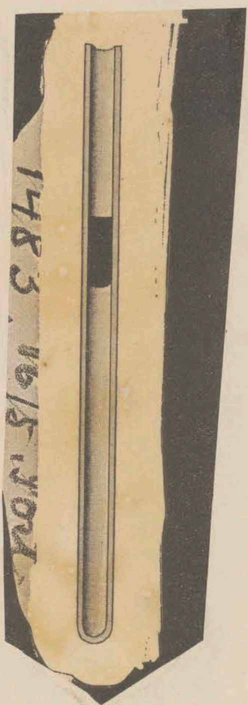
szkło do alkoholu. Zatem, gdy alkohol w szyjce balonu idzie do góry, przyrost objętości, jaki spostrzegamy, równa się rzeczywistemu rozszerzeniu się alkoholu, zmniejszonemu o rozszerzenie się szklanego balonu. Trzeba więc dodać rozszerzenie się balonu do spostrzeżonego przyrostu objętości, ażeby znaleźć rzeczywiste rozszerzanie się cieczy. Uczeni wykonali takie pomiary i poznali rzeczywiste rozszerzanie się różnych cieczy.

Acap

Przypuśćmy np., że mamy 100 cm³ ~~sześć.~~ wody o temperaturze ~~topniejącego się lodu, t.j. o temperaturze~~ 0 stopni (C.). Taż sama ilość wody w temperaturze 100 stopni zajmie objętości 104 cm³ ~~sześć.~~ Gdybyśmy mogli ogrzać wodę, ogołoconą z wszelkiego naczynia, przyrost ~~w~~ jej objętości wynosiłby cztery części na sto pomiędzy temperaturami 0 i 100.

Gdybyśmy teraz w temperaturze 100° chcieli ścisnąć napowrót

wodę do pierwotnej objętości 100 cm³ ~~sześć.~~, musielibyśmy wywrzeć na nią olbrzymie ciśnienie; albowiem, jak wiemy (§ 35.), woda jest nadzwyczaj mało ściśliwa. Wystawmy sobie, żeśmy wywarli takie olbrzymie ciśnienie i ścisnęli wodę ze 104 do 100 cm³ ~~sześć.~~; wówczas woda ściśnięta wywiera nawzajem również olbrzymie ciśnienie na tłok i ściany naczynia. ~~Rozumiemy więc łatwo~~, Gdybyśmy w temperaturze 0 zamknęli wodę szczelnie w naczyniu (np. gdybyśmy zalutowali rurkę balonu, wypełnionego wodą) i później ~~poczęli~~ ogrzewali naczynie, wówczas musiałoby ono pęknąć; albowiem nie byłoby zdolne wytrzymać ciśnienia, jakie sprawia woda, której rozszerzaniu się próbujemy zapobiedz.



Rys. 91.

§. 78. Rozszerzanie się gazów.

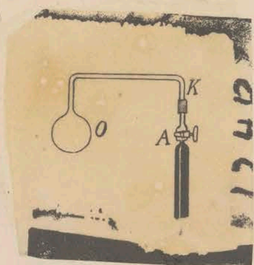
Gazy pod działaniem ciepła rozszerzają się jeszcze bardziej niż ciecze. Weźmy np. rurkę szklaną z jednej strony zamkniętą (rys. 91.); wprowadźmy do niej kroplę rtęci, zanurzmy rurkę do topiącego się lodu i ustawmy kroplę tak, żeby była odległa o 10 cm. od zamkniętego końca naszej rurki. (Możemy bez trudności posuwać kroplę naprzód i wstecz, jeśli przy pomocy cieniutkiej rureczki lub druciku pozwolimy powietrzu rurki wychodzić i wchodzić.) Przenieśmy teraz rurkę do gotującej się wody. Powietrze, zawarte w rurce, zaczyna się natychmiast rozszerzać, kropla posuwa się w rurce i zatrzymuje się w odległości 13,7 cm. od zamkniętego końca. Powtórzmy teraz to samo doświadczenie w taki sposób, żeby kropla w topiącym się lodzie była odległa o 20 cm. od końca rurki; wówczas

Lód, owinięty w szmaty, otoczony puchem lub wiórami, topi się bardzo powoli nawet w ciepłym pokoju. Położywszy nieco azbestu luźno na dłoni, można unieść na sobie (niezbyt ciężką) kulę żelazną, rozgrzaną do czerwoności i przez pewien czas ~~dobrą chwilę~~ trzymać ją bezkarnie. Dlatego ochraniamy się od mrozów futrami, dlatego okręcamy w zimie suknem klamki, poręcze i inne metalowe przedmioty, które są wystawione na zimno i których musimy dotykać.

§. 82. Temperatury, wyższe od 100° i niższe o 0°.

W wodzie wrzącej termometr pokazuje 100°. Ale są ciała, mające jeszcze wyższe temperatury, ~~każdy płomień np. ma wyższą temperaturę~~, żelazo np. rozgrzane do czerwoności ma wyższą temperaturę. Podzielmy rurkę termometru

mosfery (§49.); nawzajem też po,
wietrze, po sprowadzeniu do pierwot,
nej swej objętości, będzie wywiera,
ło także ciśnienie 1.37 atmosfery na
swoje otoczenie. Jeśli pewna ilość
powietrza (w temperaturze zera) x
w pewnej objętości wywierała ci,
śnienie 1 atmosfery, wówczas w tej
samej objętości i w temperatu,
rze stu stopni wywiera ciśnie,
nie 1.37 atmosfery. Możemy to
sprawdzić za pomocą balonu szkla
nego O (rys. 92.), którego koniec
K łączymy z lewem ramieniem
przyrządu, rys. 59, §.46. ~~w rozd. II im~~
Wstawimy balon raz do topiącego
się lodu, drugi raz do gotującej
się wody i podnosimy przytem pra,
we ramię przyrządu do góry tak,
ażeby w obu razach poziom rtę,
ci w lewem ramieniu stał tuż
pod kurkiem. Gdy tak postąpi,
my, przekonamy się, że ciśnie,
nie w gotującej się wodzie jest
1,37 razy większe, niż w topiącym
się ~~śniegu~~ lodzie. Np. jeśli w temperaturze



Rys. 92.

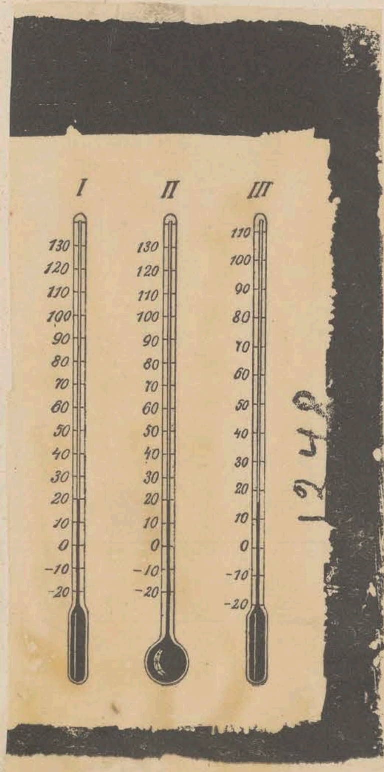
zera obadwa poziomy stały jednakowo wysoko, wówczas w temperaturze stu stopni prawy poziom będzie stał wyżej od lewego o 28 blizko centymetrów, bo 76×0,37 = 28 mniej więcej.

§. 79. Termometry.

Możemy teraz powiedzieć, w jaki sposób mamy podzielić na sto stopni odstęp pomiędzy temperaturami zero i sto (§. 74.). Weźmy np. balon szklany o długiej, cienkiej szyjce, wypełniony alkoholem (rys. 90.) i wstawmy go do topiącego się lodu; alkohol stoje w rurce na pewnym poziomie „0." W temperaturze wody wrzącej staje on podobnie na pewnym, wyższym od poprzedniego, poziomie „100." Pomiędzy pierwszym a drugim poziomem mamy w rurce pewną objętość; tę objętość podzielmy na sto części. Otrzymamy tym sposobem podziałki 0, 1, 2, 3, . . . nareszcie 99 i 100. —

Powiemy, że alkohol ma temperaturę np. 23-ch stopni, jeśli stoi on w rurce na podziałce 23, t.j. jeśli objętość alkoholu jest większa od objętości jego przy zerze o $\frac{23}{100}$ całkowitego rozszerzenia od zera do stu. ~~stopni~~. Przyrząd taki nazywa się <u>termometrem</u> (alkoholowym); a szereg podziałek, odpowiadających stopniom, nazywa się <u>skalą</u> tego termometru. Stopnie oznacza się tak: 23° znaczy 23 stopnie.

Zupełnie podobnie bywają budowane termometry <u>rtęciowe</u>, używane częściej (rys. 93.) od innych. Miewają one zazwyczaj bardzo małe naczynko, t.j. zawierają mało rtęci, żeby przybierały prędko temperaturę ciał otaczających. Jednakowoż, im mniej jest ~~wogóle~~ rtęci, tem mniejsze są też przyrosty ~~jej~~ objętości, których doznaje pod działaniem ciepła; dlatego, ażeby nawet małe przyrosty były dokładnie wid~~ziałne~~oczne, daje się rurce termometrycznej nad-



Rys. 93.

zwyczaj drobne przecięcie. Niekiedy spotyka się też termometry, których skala zbudowana jest nieco inaczej, a mianowicie (rys. 93, III) punkt wrzenia wody jest w nich wzięty za 80, a nie za 100 stopni; stopień więc takiej skali wynosi $\frac{5}{4}$ stopnia skali stustopniowej. W tej książce będziemy trzymali się wszędzie skali stustopniowej.

Jak alkohol lub rtęć, podobnież obrać można powietrze lub inne ciało gazowe za <u>ciało termometryczne</u>, t. j. za ciało, którego rozszerzanie się pozwala mierzyć temperatury. Przyrządy np. opisane w §. 78-ym, można nazwać termometrami powietrznymi. Takie termometry są bardzo dokładne, ponieważ gazy rozszerzają się znaczniej, niż ciecze, ale są mniej dogodne i używane bywają przeważnie przez uczonych w naukowych badaniach.

Z powyższego widzimy, że wszelki termometr wskazuje,

właściwie mówiąc, taką temperaturę, jaką ma w danej chwili jego ciało termometryczne. Gdy np. czytamy temperaturę na termometrze rtęciowym, wiemy, że jest to temperatura rtęci, w nim zawartej. Lecz ciała sąsiadujące udzielają sobie ciepła, dopóki temperatury ich nie staną się dokładnie jednakowe; ~~(§.)~~ a zatem, każdy termometr przyjmuje po pewnym czasie temperaturę swego otoczenia. Zanurzony np. w wodzie, wystawiony na powietrze, trzymany w dłoni, - termometr wskaże po niejakim czasie temperaturę wody, powietrza lub dłoni.

§. 80. O temperaturze ciał w pokoju.

Mając termometr, przekonajmy się, jakie są temperatury ciał, które nas otaczają. W pokojach mieszkalnych powietrze miewa zazwyczaj od 15° do 20°.

Temperatura ciała człowieka wynosi mniej więcej od 30° (na dłoni) do 36° w stanie zdrowia, u gorączkującego człowieka podnosi się niekiedy aż do 41°. Pokarmy wydają nam się gorące, gdy mają około 60°, a letnie - około 40°.

Przypuśćmy, że ~~stoją~~ na stole znajdują się następujące ciała: kawałek żelaza, miseczka pełna rtęci, klocek drewniany, materya wełniana, nieco puchu. Dotykając tych ciał po kolei ręką, czujemy, że żelazo i rtęć wydają się bardzo zimne, drewno nieco chłodne, wełna zaś i puch stosunkowo ciepłe. Jeżeli te ciała mają rzeczywiście temperatury niejednakowe, powinny dojść po niejakim czasie, do temperatur jednakowych, jak wszelkie ciała sąsiadujące ze sobą. Pozostawmy je więc przez czas dłuższy w sąsiedztwie, lub nawet w zetknięciu wzajemnem. Po upływie tego czasu zbadajmy je termometrem;

termometr okazuje, że istotnie temperatura tych ciał jest jednakowa. Powtórzmy próbę ręką: żelazo i rtęć wydają się znowu zimne, drzewo - nieco chłodne, wełna i puch wydają się stosunkowo ciepłe. ~~A zatem ręka błędnie nas nie uczy o stanie cieplnym otaczających ciał.~~ Włóżmy teraz żelazo, rtęć, drzewo, wełnę, puch i termometr do piecyka; a gdy się dobrze ogrzeją, znów badajmy je ręką. ~~Jest~~ Teraz, wprost odwrotnie, ~~niż przódy~~ żelazo i rtęć wydają się bardzo gorące, drzewo sprawia wrażenie umiarkowanego gorąca, wełna i puch wydają się najmniej ogrzane. Cóż się tu dzieje? - W pierwszym razie, gdy leżały na stole, wszystkie ciała (żelazo, rtęć, drzewo, wełna i puch) miały temperaturę jednakową, lecz niższą niż temperatura ręki; miały one temperaturę pokojową, a ręka ma temperaturę o 10° do 15° wyższą. W drugim razie

~~F nas prawdziwie~~

miały one temperaturę ~~znowu~~ [także] jednakową, lecz wyższą, niż temperatura ręki. A zatem w pierwszym razie ręka się oziębiała, dotykając tych ciał; w drugim razie, dotykając ich, ogrzewała się. Widocznie ręka łatwiej, prędzej przejmuje temperaturę żelaza i rtęci, niż temperaturę wełny i puchu; gdy są zimniejsze, żelazo i rtęć prędzej ją chłodzą, niż wełna i puch; gdy są cieplejsze, żelazo i rtęć prędzej ją ogrzewają.

§. 81. Jak prędko w różnych ciałach wyrównywa się temperatura.

Skoro ciepło z ręki prędzej odpływało przez żelazo niż przez puch, i skoro prędzej też dopływa to z żelaza niż z puchu, więc powiadamy: żelazo jest dobrym przewodnikiem, puch zaś jest złym przewodnikiem. Metale są najlepszymi przewodnikami;

gorszemi są kamienie, szkło, róg, drzewo. Trzymamy np. w ręku palącą się zapałkę, nie czując w drzewie ciepła płomienia; ~~możemy podobnież trzymać w ręku rurkę szklaną, której koniec jest rozgrzany do białości~~; lecz jeśli drut metalowy włożymy jednym końcem w płomień, wysoka temperatura rozchodzi się bardzo prędko po całym drucie, tak, że parzy ~~ }~~ niebawem i na przeciwległym końcu. Wstawiwszy w płomień dwa druty, jednakowych wymiarów, jeden żelazny, drugi miedziany, możemy dowieść, że miedź jest lepszym przewodnikiem niż żelazo; zapałka np. posuwana po drucie miedzianym, zapali się dalej ~~w większej odległości~~ od płomienia, niż posuwana po drucie żelaznym. Najgorszemi przewodnikami są ciała porowate i włókniste: tkaniny, azbest, wióry, puch, trociny i t. d.

Lód, owinięty w szmaty, otoczony puchem lub wiórami, topi się bardzo powoli nawet w ciepłym pokoju. Położywszy nieco azbestu luźno na dłoni, można unieść na azbeście (niezbyt ciężką) kulę żelazną, rozgrzaną do czerwoności i przez pewien czas ~~dobrą chwilę~~ trzymać ją bezkarnie. Dlatego ochraniamy się od mrozów futrami, dlatego okręcamy w zimie suknem klamki, poręcze i inne metalowe przedmioty, które są wystawione na zimno i których musimy dotykać.

§ 82. Temperatury, wyższe od 100° i niższe o 0°.

L W wodzie wrącej termometr pokazuje 100°. Ale są ciała, mające jeszcze wyższe temperatury; ~~każdy płomień np. ma wyższą temperaturę~~, żelazo np., rozgrzane do czerwoności ma wyższą temperaturę. Podzielmy rurkę termometru

~~wrzenia~~ (§. 79.) i po nad poziomem „100" na takie same części równej objętości, jakie mieliśmy pomiędzy zerem a stu; to będą stopnie wyższe od 100°; więc 101°, 102°, i t. d. —— Postępujmy nareszcie podobnie pod poziomem „zero". Termometr pokazuje 0° w topniejącym się lodzie; ale są ciała mające jeszcze niższe temperatury: ~~lód np. [illegible]~~ np. mieszanina śniegu z solą kuchenną okazuje ~~[illegible]~~ niższą temperaturę, podobnież powietrze podczas mrozów zimowych. Podzielmy więc rurkę termometru i pod zerem na takie same części, jakie mieliśmy pomiędzy zerem a stu; ~~jakie to B...~~ to będą stopnie oczywiście ujemne: −1°, −2°, −3° i t. d. Zero naszej skali nie jest (więc tymczasowej) ~~[illegible]~~ najniższą możliwą temperaturą, lecz jest pewną dowolnie obraną temperaturą; niższe ~~zatem~~ od niej temperatury nazywamy ujemnemi, podobnie jak liczby mniejsze od zera nazywamy

ujemnemi ~~liczbami~~. W mieszaninie np. śniegu i soli, świeżo ~~[illegible] po~~ przygotowanej ~~jej~~ wychodzimy do $-20°$.

§. 83. Gęstość ciał zależy od temperatury.

Weźmy wodę o temperaturze 0° i ogrzejmy ją do 100°. Masa tej wody nie zmieni się (§. 75.), lecz objętość jej się powiększy. Tasama masa wody w temperaturze 100° zajmuje więc objętość większą, niż w 0°; tasama liczba gramów zajmuje więcej centymetrów sześciennych. A zatem, w temperaturze 100° zawiera się w jednym centymetrze sześciennym masa mniejsza niż w 0°; innemi słowy, gęstość wody (§. 29.) w 100° jest mniejsza niż w 0°. To samo stosuje się do wszystkich ciał, które rozszerzają się, gdy temperatura ich się podnosi: gęstość ich jest mniejsza w wyższej niż w niższej temperaturze.

Więc np. woda gorąca jest

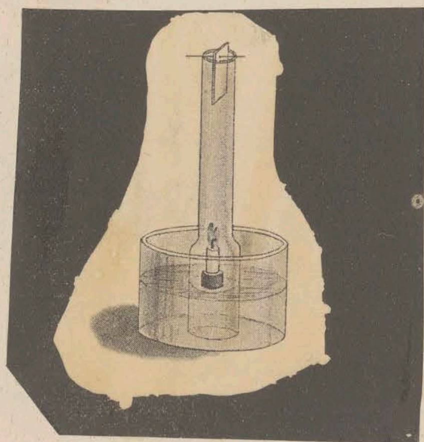
mniej gęsta, niż zimna,* podobnie jak korek jest mniej gęsty, niż woda. Nic dziwnego zatem (§. 44), że woda gorąca pływa po zimnej,* jak to spostrzegamy w wannie przygotowującej ciepłą kąpiel. Z tegoż powodu powietrze ogrzane wypływa do góry w zimnem powietrzu; to też w pokoju, w którym palą się lampy lub piec silnie grzeje, powietrze gorące zbiera się pod sufitem. Wszelki płomień, jak wiadomo z chemii, wymaga ciągłego dopływu powietrza, albowiem ~~pala się~~ zużywa nie tylko materyał palny (np. drzewo, węgiel, naftę, gaz oświetlający, stearynę), lecz też i tlen, zawarty w powietrzu. Z drugiej strony płomień wytwarza ~~wydaje z siebie~~ ciała gazowe, które powstają przez F ~~palenie się~~ ~~z~~ ciała te gazowe będąc gorące, wraz z powietrzem, ogrzewanem przez płomień A ~~unoszą się w górę. Ten prąd nazywamy dymem, gdy drobne cząsteczki niespalonego węgla wraz~~

F łączenie się materyału palnego z tlenem;

A biegną do góry ~~prąd~~ i tworzą prąd, który nazywany dymem, jeśli unoszą się w nim drobne cząstki niespalonego węgla.

~~z nim biegunem do góry. Jeżeli zbli-~~

Zbliżmy płomień lampy lub świecy do obłoku dymu (tytuniowego np.), wiszącego spokojnie w powietrzu pokoju; będziemy mogli zauważyć dokładnie prąd poziomy zimnego powietrza, płynący ku płomieniowi od wszystkich boków i jednocześnie prąd pionowy gorący płynący od płomienia ponad jego wierzchołkiem. Umieśćmy świecę na korku, ~~który~~ pływającym po wodzie (rys. 94.), zapalmy świecę i postawmy cylinder szklany na płomień, jak pokazuje rysunek. Płomień pnie prąd gorący ku górze, ale nie ma skąd ciągnąć dopływu świeżego powietrza, dlatego też po chwili słabnie i gaśnie. Lecz jeśli powtórzymy doświadczenie, wstawiwszy kawałek tektury pionowo w cylinder, płomień nie zgaśnie, albowiem jedną stroną cylindra będzie ciągnął świeże powietrze, drugą zaś będzie parł gazy gorące ku górze. Istotnie:



Rys. 94.



Dym tytuniowy, wpuszczony po pierwszej stronie cylindra, odbędzie sam taką drogę ~~ptli~~, najprzód na dół a potem do ~~pod~~ góry. Rozumiemy teraz, dlaczego „ciągną" kominy i przewody kominowe idące (wewnątrz ścian) od pieców i ognisk aż po nad dach budynku.

§. 84. Określenie grama.

Powiedzieliśmy w §. 28-ym, że gramem nazywa się masa, zawarta w jednym centymetrze sześciennym wody. Widzimy teraz, że trzeba dodać, jaką ma być temperatura ~~ma mieć~~ tej wody, albowiem np. centymetr sześcienny wody gorącej ma mniejszą masę niż centymetr sześcienny zimnej. Umówiono się, że gramem jest ~~będzie~~ masa, zawarta w centymetrze sześciennym wody o temperaturze 4°; ta sama temperatura obowiązuje oczywiście w określeniu kilograma i t. d. Gram wody

o temperaturze 100° zajmuje więc 1,04 cen. sześć.; odwrotnie centymetr sześcienny takiej wody zawiera masę 0,96 grama; innemi słowy, woda wrząca ma gęstość 0,96. W temperaturach pokojowych gęstość wody jest bardzo mało co mniejsza od jedności, np. w temperaturze 16° wynosi 0,999; gram takiej wody zajmuje więc objętość większą od sześciennego centymetra o jedną tysiączną, t.j. o jeden sześcienny milimetr.

§ 85. O ilości ciepła.

Przypuśćmy, że mamy w naczyniu kilogram wody o temperaturze 10°. Postawmy naczynie to nad płomieniem i uważajmy, jak woda ogrzewa się. Po pięciu minutach woda ma np. 30°; powiadamy, że przez ten czas pewna ilość ciepła przeszła z płomienia do ~~na~~ wody. Potrzymajmy jeszcze pięć minut: temperatura

podniesie się do 50°; z płomienia przeszła więc na wodę druga ilość ciepła, równa pierwszej. Przez dziesięć minut płomień oddał wodzie ilość ciepła dwa razy większą, niż przez pięć minut. Użyjmy płomienia większego lub dwóch płomieni zamiast jednego; zobaczymy, że woda po upływie 5 minut ogrzewa się do temperatury wyższej niż 30°, np. do temperatury 55°; a zatem płomień większy dostarcza też znaczniejszej ilości ciepła w czasie jednakowym. Z tego widzimy, po pierwsze, że pewna ilość wody potrzebuje pewnej ilości ciepła, ażeby się ogrzać od pewnej temperatury do innej temperatury; powtóre, że pewna ilość ciepła może być dwa, lub trzy, lub ilekolwiek razy większa albo mniejsza od innej ilości ciepła. Stąd wynika, że ilości ciepła można mierzyć. Długości można mierzyć, gdyż każda długość jest pewną liczbę razy dłuższa lub

krótszą od metra, t.j. od jednostki długości. Podobnież każda ilość ciepła jest pewną liczbą razy większą lub mniejszą od ilości ciepła, jakiej potrzebuje kilogram wody, aby ogrzać się o jeden stopień. Tę ilość ciepła obieramy za jednostkę i nazywamy ją kaloryą. Inne ilości ciepła mierzymy przez porównywanie ich z kaloryą.

§. 86. Ogrzewając się, różne ciała pochłaniają różne ilości ciepła.

L ~~Jeden~~ Kilogram wody, ogrzewając się o stopień, pochłania ~~jedną~~ kaloryą. Zatem np. masa wody, mająca trzy kilogramy, ogrzewając się również o stopień, pochłonie trzy kalorye, albowiem każdy z trzech kilogramów, składających tę masę, pochłonie sam przez się jedną kaloryą. Masa wody 5 kg., ogrzewając się o stopień, pochłonie podobnież 5 kaloryj. Każde ciało ogrzewając się o pewną

ilość

~~liczbę~~ stopni, pochłania ilość ciepła tem większą, im masa jego jest większa.

Porównajmy teraz ilości ciepła, potrzebne do jednakowego ogrzania rozmaitych ciał w jednakowej masie. Weźmy np. trzy jednakowe naczynia, nalejmy do nich jednakowe masy wody, alkoholu, terpentyny. Ogrzewając po kolei wodę, alkohol i terpentynę tym samym płomieniem w sposób jednakowy, zobaczymy, że terpentyna ogrzeje się do pewnej temperatury, np. do 50°, w czasie krótszym, niż alkohol, a alkohol w czasie krótszym niż woda. A zatem ~~Z tych trzech cieczy~~ terpentyna potrzebuje najmniej a woda najwięcej ciepła, ażeby ogrzać się o pewną liczbę stopni. Lecz nie możemy być pewni, czy płomień grzeje zawsze jednakowo, wykonajmy więc doświadczenie inaczej. Ogrzejmy 100 gr. wody do 100° i zmieszajmy je ze 100 gr.

wody, mającej temperaturę pokojową, więc np. 15°. Temperatura po zmięszaniu wyniesie oczywiście 57,5°, albowiem woda o temperaturze 15° zyskała takąż ilość ciepła, jaką straciła woda o 100°; pierwsza więc ogrzała się o 42,5° ~~stopni~~, druga oziębiła się o tyleż. Weźmy dalej 100 gr. terpentyny, ogrzanej do 100° i 100 gr. wody o temperaturze 15°. Temperatura po zmięszaniu wyniesie teraz 40°. A zatem woda ogrzała się tutaj o 25 stopni, a terpentyna oziębiła się o 60 stopni; ilość ciepła, która ogrzała 100 gr. wody o 25 stopni była widocznie w stanie ogrzać 100 gr. terpentyny o 60 stopni. A zatem kilogram terpentyny, ogrzewając się o stopień, pochłania mniej ciepła, niż kilogram wody w stosunku 25:60, t. j. pochłania około 0,42 kaloryi. Wykonajmy podobne doświadczenia dla alkoholu, dla miedzi, ⌐ przekonamy się, że kilogram alkoholu pochłania 0,6 kaloryi na stopień, kilo-

⌐ dla rtęci.

gram miedzi 0,10 kal., a kilogram rtęci nieco mniej niż 0,03 kal. W jednakowych warunkach potrzeba więc 30 razy większej ilości ciepła żeby ogrzać wodę, niż żeby ogrzać rtęć.

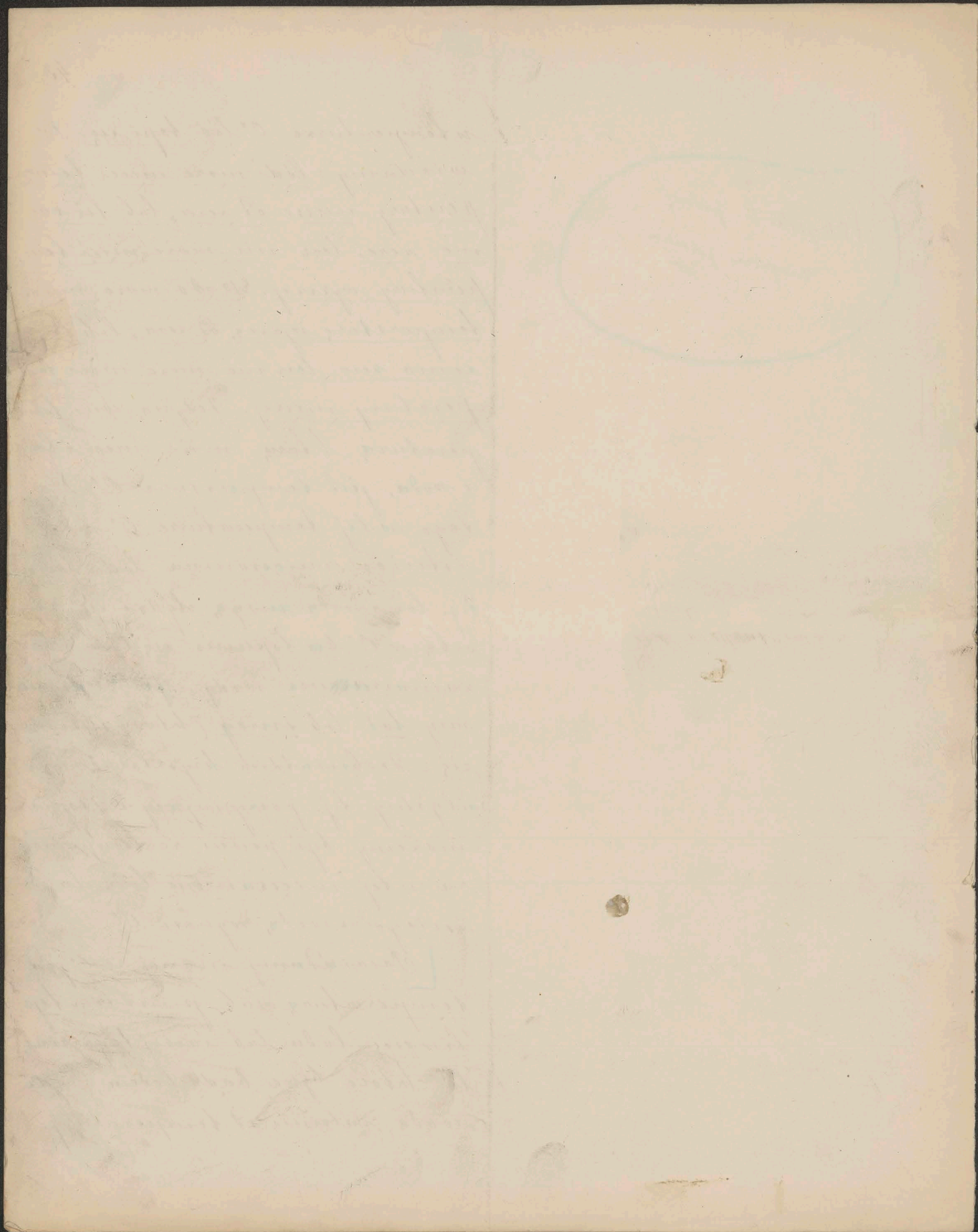
§. 87. Punkt topliwości.

Nalejmy nieco wody do szklanki; przypuśćmy, że temperatura wody wynosi 15°. Możemy łatwo obniżyć temperaturę wody; wstawiając ją np. do mieszaniny śniegu z solą (§. 82.) i ciągle mieszając, możemy doprowadzić temperaturę do 10°, do 5° i nareszcie do 0°. Ale np. do −10° nie możemy doprowadzić wody, albowiem w temperaturze 0° woda zamarza. Postąpmy odwrotnie. Weźmy nieco lodu; lód jest zimny, ma np. temperaturę −12°. Możemy lód ogrzać, doprowadzić go np. do −8°, do −5°, do 0°; ale nie możemy doprowadzić go do +10° np., albowiem

Wszystko to proszę zwykłem pismem

w temperaturze 0° lód topi się. Powiedamy: lód może mieć temperaturę niższe od zera, lub też samo zero, lecz nie może mieć temperatury wyższej. Woda może mieć temperaturę wyższą od zera, lub też samo zero, lecz nie może mieć temperatury niższej. Jedyną więc temperaturą, którą może mieć i lód i woda, jest temperatura 0°. Dlatego w tej temperaturze 0° może istnieć mięszanina lodu z wodą, t.j. lód i woda mogą stykać się ze sobą w 0° bez topienia się lodu i bez zamarzania wody. Jeśli więc mamy lód lub śnieg (który składa się z drobniutkich kryształków lodu) wilgotny, t.j. poczynający się topić, możemy być pewni, że temperatura w tej mięszaninie lodu lub śniegu z wodą wynosi 0°.

Powiadamy inaczej, że 0° jest temperaturą lub punktem topliwości lodu lub raczej tego ciała, które bywa bądź lodem, bądź wodą, zależnie od temperatury.



210

Ostatni w rozdziale V : § 114.

Ostatnia rycina : Rys. 120.

---

p. 80 kończy się alinea. / § 88. p. 35 mego tekstu.

Ostatnia rycina : 94

Ostatni § : 87.

$\mu\ddot{H} = -\mathrm{curl}\,\dot{\mathcal{E}}$

$c\,\mathrm{curl}\,\dot{\mathcal{E}} + k\,\mathrm{curl}\,\mathcal{E} = \mathrm{curl}^2 H$

$-\mu k\dot{H} =$

$-\mu c\ddot{H} - \mu k\dot{H} = \mathrm{curl}^2 H$

Zwiquet

$n^2 = c\mu$

$1 - \frac{1}{\mu\pi^2}\frac{\lambda^2}{v^2}\frac{k^2}{c^2}$

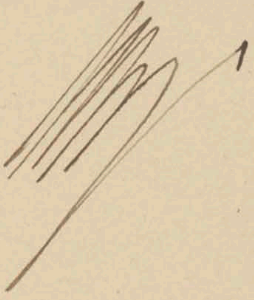
$\frac{1}{\mu c} = v^2$

$\frac{1}{c^2} = \mu^2 v^4$

$\tau^2 k^2$

$-\frac{1}{16\pi^2}\tau^2 k^2 \mu^2 v^4$

$\lambda^2 k^2 \mu^2 v^2$



$$\frac{2\pi}{\tau} = \varpi$$

$2\pi = \varpi\tau$

$c\ddot{\mathcal{E}} + k\dot{\mathcal{E}} = \mathrm{curl}\,\dot{H}$

$\mu c\ddot{\mathcal{E}} + \mu k\dot{\mathcal{E}} = -\mathrm{curl}^2\,\mathcal{E}$

§. 88 - Czemu jedne ciała są ciekłe a inne są stałe.

Zwykłem pismem

Jak temperatura 0° jest punktem topliwości lodu, podobnież temp. 31° jest punktem topliwości masła, temp. 63° " punktem topliwości wosku, temp. 115° " punktem topliwości siarki; każdy rodzaj ciała ma własny punkt topliwości. Zatem np. siarka jest ciałem stałem poniżej 115°, a ciałem ciekłem powyżej 115°. Dlaczegóż nazywamy zwykle siarkę ciałem stałem? ponieważ widujemy ją zazwyczaj w temperaturach, które leżą znacznie niżej od jej punktu topliwości. Gdybyśmy żyli w atmosferze, mającej np. 130°, widzielibyśmy siarkę w temperaturach, wyższych o 15 stopni od jej punktu topliwości, i uważalibyśmy ją za ciecz. Żyjemy właśnie w temperaturach, wyższych zazwyczaj o 15° od punktu topliwości wody i dlatego jesteśmy przyzwyczajeni do uważania wody za ciecz. Ale zwykła woda jest stopionym

lodem, podobnie jak siarka w 130° jest stopioną siarką. Podobnie rtęć np. nazywamy cieczą dlatego, że punkt topliwości rtęci leży nisko (w −39°); lecz na wyprawach podbiegunowych ludzie znosili nieraz temperatury takie jak −39° i niższe a wówczas rtęć wydawała (się/im) ciałem stałem, które można kuć, krajać na kawałki i t. d. Jeszcze niżej leży punkt topliwości ~~eteru siarczanego~~ np. alkoholu. Przeciwnie, punkt topliwości metali leży bardzo wysoko; np. punkt topliwości ołowiu wynosi 325°, miedzi około 1200°, żelaza około 1600°. Czemu więc jedne ciała są ciekłe a inne stałe? Ponieważ temperatury, w których żyjemy, są wyższe od punktów topliwości pierwszych, a niższe od punktów topliwości drugich.

Niektórych ciał nie można stopić dlatego, iż rozkładają się ~~prędzej~~, zanim stopiłyby się, gdy je ogrzewamy. Z tego powodu nie można stopić np. drzewa, papieru, lnu, wełny i t. d.; wszyst-

kie te ciała rozkładają się ~~przed stopieniem się~~ na węgiel i na części lotne, czyli zwęglają się pod działaniem ciepła. Inne ciała, jak np. czysty węgiel, glina, topiąc się w temperaturach nadzwyczajnie wysokich, wytrzymują temperaturę zwykłego ognia bez topienia; z nich przeto wyrabiają t. zw. ogniotrwałe naczynia oraz cegły do pieców.

§ 89. Ciepło topliwości.

Weźmy dwa jednakowe naczynia; w jednem pomieśćmy kilogram lodu o temperaturze 0°, więc już poczynającego się topić, w drugiem – kilogram wody o temperaturze 0°. Postawmy te naczynia obok siebie w pokoju; zobaczymy, że woda przybierze temperaturę pokojową już wówczas, gdy dopiero niewielka część lodu będzie stopiona. Ciepło napływające z powietrza w naczyniu z wodą idzie odrazu na podnoszenie temperatury

gdy tymczasem w naczyniu z lodem, zużywa się przedtem na topienie lodu. Weźmy dalej kilogram lodu, mającego 0° i oblejmy go kilogramem wody gorącej, mającej 80°. Gdybyśmy zamiast lodu, byli wzięli wodę o 0°, otrzymalibyśmy 2 kilogramy wody o 40° (§. 86.). Tymczasem obecnie otrzymujemy 2 kilogramy wody ciekłej ale mającej 0°. Woda gorąca straciła więc 80 kaloryj, które pobrał lód, ażeby stopić się. Potrzeba ~~do~~ wprowadzić 80 kaloryj do ~~ażeby zamienić~~ kilogram lodu o temperaturze 0°, ażeby zamienić go na kilogram wody o tejże temperaturze. I odwrotnie trzeba odebrać 80 kaloryj kilogramowi wody o temperaturze 0°, ażeby zamienić go na kilogram lodu o tejże temperaturze. Mówimy, że <u>ciepło topliwości</u> wody wynosi 80 kaloryj na kilogram.

Ciepło topliwości wody jest więc stosunkowo dość znaczne, to też płomień, który szybko ogrzewa,

który np. podnosi temperaturę pewnej masy wody o kilkanaście stopni w ciągu kilku minut, musi pracować znacznie dłużej, przez kilkadziesiąt minut, nad stopieniem równej masy lodu. Potrzeba wielu dni odwilży, ażeby stopić znaczne masy śniegu, leżące po śnieżnej zimie na polach; albowiem powietrze nie jest wstanie prędzej dostarczyć 80 kaloryj każdemu kilogramowi ~~wody~~ śniegu. Odwrotnie woda w stawie lub jeziorze zamarza nieraz dopiero po kilku dobach ~~silnego~~ mrozu, gdyż zimne powietrze nie jest w stanie prędzej odebrać 80 kaloryj każdemu kilogramowi wody.

§. 90. Para wodna.

Puśćmy kroplę wody na tafelkę szklanną; po niejakim czasie kropli nie ma; wyschła ona, jak powiadamy. Podobnie wysycha zmoczona bielizna lub ziemia, gdy

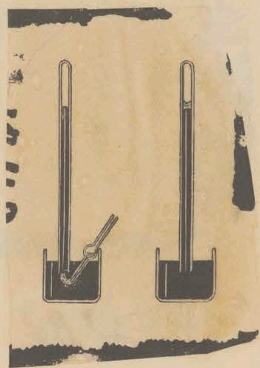
oddawna nie było deszczu. Z butelki otwartej woda również wysycha; ale z zakorkowanej butelki nie wysycha; ~~i~~ jeśli zamknięcie jest szczelne, wody wcale nie ubywa. Stąd widzimy, że woda, wysychając, nie ginie, tylko się ulatnia czyli paruje t. j. zamienia się na ciało gazowe, na parę wodną i jako para rozchodzi się w powietrzu. Weźmy wodę gorącą; woda taka zamienia się na parę obficiej, niż zimna; dlatego ~~też~~ przedmioty wilgotne w cieple łatwiej wysychają. Nalawszy szklankę wodą gorącą do połowy, mamy w górnej połowie pełno pary wodnej. Przykryjmy szklankę zimnym talerzem; para wodna w zetknięciu z talerzem skrapla się i ~~przy~~pokrywa go gęstą rosą ~~kropelek~~. A więc woda może mieć postać trojaką: ciała stałego, ciekłego i gazowego; w tej ostatniej nazywamy ją parą wodną.

Ogrzewajmy nieco wody w szklanem naczyniu, aż pocznie wrzeć,

Tworząca się para skrapla się z początku na chłodnych ścianach naczynia; później, gdy samo naczynie jest już gorące, para strumieniem wybiega w powietrze. Zauważymy wówczas, że para skłębia się w nieprzezroczysty obłoczek dopiero w pewnej odległości od otworu naczynia; ~~(ryc.)~~; wnętrze zaś naczynia, wypełnione parą, jest zupełnie przezroczyste. A zatem sama para wodna jest przezroczysta i niewidzialna, jak powietrze; to, co zwykle nazywamy parą, nie jest ciałem gazowem czyli właściwą parą, lecz parą już skroploną na maleńkie kropelki, unoszące się w powietrzu.

§. 91. Ciśnienie pary.

Jak powietrze i jak każde wogóle ciało gazowe ~~(§)~~, para wodna wywiera ciśnienie; zobaczymy, jak znaczne ciśnienie wywiera. Gdy woda ulatnia się w powietrzu,

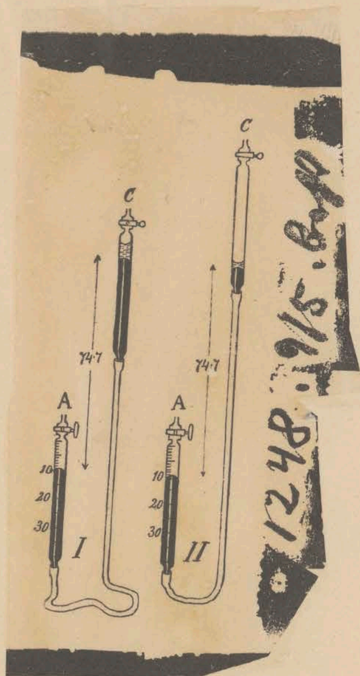


Ryc. 95.

para powstająca miesza się z powietrzem; więc, żeby mieć ciśnienie samej tylko pary, pozwolimy wodzie ulatniać się w próżni. Wprowadzamy wodę do rurki barometru w sposób, jaki objaśnia ryc. 95. Jak tylko woda wypłynie ponad rtęć, próżnia wypełnia się parą wodną i słup w barometrze się obniża ~~(ryc. 95.)~~. O ile słup się obniża, zależy od temperatury. W temperaturze 10° obniżka wynosi 0,9 cm; w temperaturze 15° wynosi 1,3 cm, w 20° zaś 1,7 cm. Lecz wiemy ~~§§.~~, że obniżka słupa barometrycznego wskazuje tu ~~tylko~~ ciśnienie ciała gazowego, które dostało się do próżni. Powiadamy zatem: woda w 10° wytwarza parę o ciśnieniu 0,9 cm rtęci; w 15° oraz w 20° wytwarza parę o ciśnieniu 1,3 oraz 1,7 cm rtęci.

§. 92. Ciecz i para w zetknięciu.

To samo doświadczenie możemy wykonać za pomocą przyrządu,



Rys. 96.

przedstawionego na rys. 60ym (rys. 96.) Wprowadźmy nieco wody po nad rtęć w C, przed zamknięciem kurka; następnie podnieśmy rurkę C jak na rys. 60. III. Różnica w wysokościach poziomów rtęciowych będzie teraz mniejsza wskutek ciśnienia pary wodnej. Przypuśćmy np., że mamy 15° w pokoju; różnica w wysokościach jest teraz 74,7 cm, gdy poprzednio wynosiła 76 cm. Położenie poziomów rtęciowych jest więc takie, jak na rys. 96, I. Podnieśmy rurkę prawą C znacznie do góry; rtęć w niej zejdzie niżej i objętość próżni znacznie się powiększy (rys. 96, II). Zmierzmy znowu różnicę wysokości poziomów; wynosi ona, jak przódy, 74.7 cm. Natomiast obecnie jest nieco mniej wody ciekłej nad rtęcią, niż w położeniu I. Cóż to się stało? Gdy powiększyliśmy objętość pary wodnej w C, ciśnienie jej zmniejszyło się, albowiem ciśnienie wszelkiego ciała gazowego (§. 49.), zmniejsza się, gdy objętość jego się zwiększa.

Lecz wówczas ciekła woda ~~stojąca~~ w C nad rtęcią znalazła się pod ciśnieniem mniejszem, niż 1.3 cm., zaczęła więc wytwarzać nowe ilości pary. Przez to ciśnienie pary ~~znów~~ powiększało się; gdy doszło napowrót do 1.3 cm., woda przestała dalej parować. Dlatego znaleźliśmy w położeniu II. ilość wody ciekłej nieco mniejszą, ciśnienie zaś pary takie samo jak ~~poprzednio~~ w położeniu I. Gdybyśmy byli wykonali to doświadczenie w temperaturze 20°, bylibyśmy podobnie znaleźli: że różnica wysokości poziomów wynosi stale 74,3 cm.; ~~powtóre~~, że ilość wody ciekłej zmniejsza się, gdy objętość próżni zwiększamy, a zwiększa się, gdy ją zmniejszamy. Powiadamy zatem: ~~że~~ w każdej temperaturze woda wytwarza parę o pewnem, określonem ciśnieniu; nazywa się ono ciśnieniem nasycenia. Jeśli ciśnienie pary nad wodą jest mniejsze niż ciśnienie nasycenia, wówczas woda paruje;

jeśli jest większe, wówczas para się skrapla. Jeśli ciecz i para są ze sobą w zetknięciu i ani woda paruje ani para się skrapla, wówczas para ma właśnie ciśnienie nasycenia.

§. 93. Ciśnienie nasycenia rośnie z temperaturą.



Rys. 97

Przejdźmy teraz do wyższych temperatur. Otoczmy (rys. 97.) rurkę C poprzedniego przyrządu szeroką rurą szklaną i nalejmy do niej wody gorącej; zważajmy zawsze na to, aby nad rtęcią w rurze C znajdowała się woda ciekła. Mierząc różnicę wysokości poziomów rtęciowych, znajdziemy ciśnienia nasycenia wody w różnych temperaturach. Znajdziemy:

3,1 cm. w 30°	35.5 cm. w 80°
9.2 cm. w 50°	52.6 cm w 90°
23.3 cm. w 70°	76.0 cm. w 100°.

~~Zatem~~ ⌐ ciśnienie nasycenia rośnie coraz bardziej ~~gdy temperatura się podnosi~~ i dochodzi do ciśnienia

⌐ Gdy temperatura się podnosi,

atmosferycznego (76 cm.) w temperaturze 100°. Powyżej 100° ciśnienie nasycenia wody staje się jeszcze większe, np. w 110° wynosi już 107,5 cm.

§. 94. Punkt wrzenia.

Rozumiemy teraz, że kiedy ogrzewamy wodę w otwartem naczyniu, temperatura wody nie może podnieść się po nad 100°. Istotnie: woda znajduje się wówczas pod ciśnieniem ~~powietrza, czyli pod ciśnieniem~~ 76 cm., a że tworząca się para rozchodzi się w powietrzu, więc ciśnienie nie może podnieść się po nad 76 cm., zatem i temperatura wody po nad 100°. To też w tej temperaturze 100° woda zamienia się całkowicie na parę w otwartem naczyniu; mówimy, że woda wrze w temperaturze 100° pod ciśnieniem atmosferycznem. Temperatura 100° nazywa się dla tego temperaturą lub punktem wrzenia wody. Gdybyśmy gotowali wodę w zamkniętem naczyniu (rys. 98.)



Rys. 98.

para nie rozchodziłaby się w powie-
trzu, ciśnienie jej podnosiłoby się po
nad 76 cm., jak pokazuje położenie
rtęci w rurce M.; wówczas tempe-
ratura ~~wody i pary~~ podniesie się
po nad 100°, jak pokazuje termo-
metr T. ~~Zatem~~ Pod ciśnieniem
większem niż atmosferyczne, woda
wre w temperaturze wyższej niż 100°.

Zwykłem pismem

Przeciwnie, gdybyśmy umieścili na-
czynie z wodą pod dzwonem pompy
pneumatycznej i wyciągali wciąż
powietrze i tworzącą się parę, np. tak,
ażeby ciśnienie pod dzwonem wy-
nosiło wciąż 35.5 cm., wówczas tem-
peratura wody nie mogłaby podnieść
się po nad 80°; więc pod dzwonem
wrzenie odbywałoby się w temperatu-
rze 80°. Pod ciśnieniem mniejszem
niż atmosferyczne woda wre w tem-
peraturze niższej niż 100°.

Zwykłem pismem

Wiemy
np., że na szczytach gór ciśnienie
powietrza jest mniejsze, niż zwykłe
atmosferyczne ciśnienie (§. 56.); to
też na szczycie Łomnicy woda wre
w temperaturze 91°, a na szczycie

Mont-Blanc w temperaturze 84,4° zamiast 100°, jak u poziomu morza.

§. 95. Para wodna w powietrzu.

Nalejmy wody do butelki, potem zamknijmy butelkę i postawmy ją w pokoju, gdzie mamy np. 15°. Co znajduje się w butelce ponad wodą? mięszanina dwóch ciał gazowych: powietrza i pary wodnej. Ile jest jednego a ile drugiego? W próżni woda wytworzyłaby parę o ciśnieniu 1,3 cm.; w obecności powietrza wytworzy ostatecznie parę o takiem samem ciśnieniu, jak w próżni; *obecność powietrza nie ma wpływu na ciśnienie nasycenia*. Gdybyśmy więc mogli zmierzyć w butelce ~~z osobna~~ ciśnienie pary wodnej samej przez się i ciśnienie powietrza samego przez się, przekonalibyśmy się, że pierwsze wynosi 1,3 cm., a drugie 74,7 cm.; razem 76 cm.

W otwartem powietrzu znajduje się zawsze

para wodna, (albowiem) woda mórz, rzek, jezior, woda, znajdująca się w ziemi i w roślinach i wszelka w ogóle woda, prócz szczelnie zamkniętej, wytwarza wciąż parę. ~~która wschodzi się w powietrze~~. Powietrze (więc) w pokoju ma ~~przeto~~ w sobie również parę wodną, a nawet często zawiera jej więcej, gdyż ~~Dużo pary~~ wytwarzamy (parę) oddychając, ~~Dużo pary wodnej~~ wytwarza (ją) każdy płomień i t. d. Przypuśćmy ~~np.~~, że w pewnym pokoju jest tyle pary wodnej, iż sama przez się wywierałaby ona ciśnienie np. 0,9 cm.; temperatura powietrza (niech) wynosi, ~~przypuśćmy~~, 15°. Ciśnienie nasycenia dla 15° równa się 1,3 cm., zatem para nie będzie się skraplała, a woda ciekła w tym pokoju będzie parowała. Ale przypuśćmy, że wnieśliśmy do tego pokoju jakieś zimne ciało, np. karafkę pełną śniegu. Powietrze, stykające się z powierzchnią karafki, będzie się oziębiało; temperatura jego zejdzie stopniowo do 14°, do 13° i t. d.; nareszcie

gdy dojdzie do 10°, para wodna, która jest w tem powietrzu, znajdzie się pod ciśnieniem nasycenia, gdyż dla 10° ciśnienie 0.9 cm jest ciśnieniem nasycenia, ~~gdyż~~ więc w tej temperaturze para wodna powietrza skropli się i osiądzie na karafce w postaci rosy. Z tego właśnie powodu w porze zimowej szyby w oknach pokrywają się rosą (lub nawet lodem) od strony wewnętrznej, od strony pokoju; ażeby temu zapobiedz, w sklepach palą małe płomyczki w pobliżu szyb w wystawach sklepowych. Jeśli drzwi z ogrzanego pokoju (a jeszcze bardziej z kuchni lub pralni) prowadzą wprost na dwór, widzimy wówczas zimą podczas mrozu, że kłęby pary buchają za ~~każdem~~ otwarciem drzwi; ~~albowiem~~ para wodna w pokoju ma ciśnienie mniejsze, niż ciśnienie nasycenia, jest więc ciałem gazowem i jest niewidzialna (§. 90.); w temperaturze zaś zewnętrznego

powietrza, skrapla się i tworzy chmurę ~~widzialną~~, złożoną z ciekłych kropelek. ~~Podobnie~~ Para, którą wydychamy z płuc, nie skrapla się (z tegoż powodu) podczas lata, lub w ogrzanym pokoju, skrapla się zaś na mrozie.

F (A cop.) W podobny sposób powstają (opady atmosferyczne, jak) deszcz, śnieg i t.p.; zdarzają się one najczęściej z tej przyczyny, że powietrze wilgotne i ciepłe (podnosi się) z nad ziemi ku górze, spotyka się tam z zimnem powietrzem, skutkiem czego ~~para~~ ~~wodna~~ wydziela ~~się~~ z siebie parę wodną w postaci ciekłej lub stałej.

F

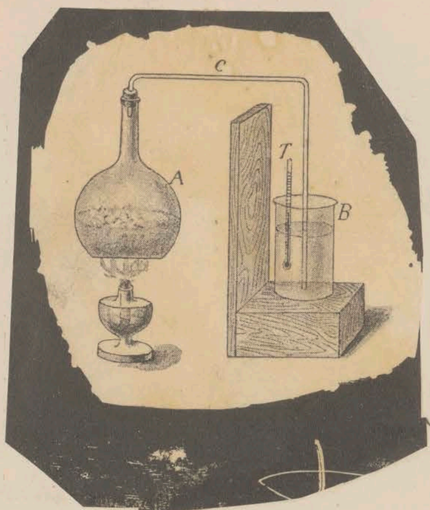
§96. Punkty wrzenia różnych ciał.

Punkt wrzenia wody pod ciśnieniem atmosferycznem wynosi 100°; punkt wrzenia alkoholu wynosi 78°; punkt wrzenia eteru siarczanego wynosi 35°. Ciała te nazywamy więc cieczami, gdyż widujemy je zazwyczaj w temperaturach, niższych od ich punktów wrzenia. Gdybyśmy żyli w temperaturze np. 40° (w krajach gorących zdarzają się takie upały), eter siarczany byłby dla nas ciałem gazowem. ~~Owoż~~ Zupełnie podobnie mają się rzeczy np. z powietrzem, z tą tylko różnicą, że punkt wrzenia powietrza leży nadzwyczaj nisko, a

mianowicie o 190 stopni pod zerem, czyli w − 190°; w tej temperaturze zatem powietrze się skrapla. W temperaturach, w których żyjemy, powietrze znajduje się mniej więcej o 200° po nad swym punktem wrzenia, dlatego ~~więc~~ jest dla nas ciałem gazowem. —— Metale, przeciwnie, mają bardzo wysokie punkty wrzenia. Rtęć topi się w − 39°, wre zaś w 357°; cynk, który topi się w 415°, wre około 950°. Inne metale wrą jeszcze wyżej i w ogniu naszych pieców nie dochodzą do wrzenia; ale na słońcu znajdują się takie same metale jak na ziemi; są one tam wszystkie ciałami gazowemi, wskutek niezmiernie wysokich temperatur, jakie tam panują.

§. 97. Ciepło parowania.

Do naczynia B (rys. 99.) wprowadźmy kilogram wody, mającej



Rys. 99.

⌈ gdy temperatura dojdzie do 100°;

temperaturę 0° i naczynie to ochroń-
my złemi przewodnikami od dopły-
wu ciepła zewnątrz, zwłaszcza od
płomienia. Przez rurkę C wpuszczaj-
my do B parę wodną, która wytwa-
rza się w A. Bańki pary z początku
nikną w wodzie lodowatej, później
przechodzą ~~przez nią~~ coraz łatwiej,
nareszcie, gdy temperatura w A
dojdzie do 100°, przestają się skraplać.
Zważymy wodę w naczyniu A ⌈ prze-
konamy się, że przybyło jej 187
gramów. A zatem 187 gramów
pary wodnej przyniosło ze sobą
i oddało wodzie zimnej w A ilość
ciepła, potrzebną do ogrzania
kilograma wody od 0° do 100°,
czyli 100 kaloryj; więc 1 gram
pary oddał $\frac{100}{187}$ czyli 0.536 ka-
loryi, a kilogram pary oddałby
536 kaloryj. Widzimy więc, że
kilogram pary wodnej, skra-
plając się, oddaje swemu oto-
czeniu 536 kaloryj. Odwrotnie
też potrzeba doprowadzić 536 ka-
loryj, ażeby zamienić kilogram

wody ciekłej, mającej 100°, na kilogram pary, również mającej 100°. Ta ilość ciepła nazywa się ciepłem parowania wody. Widzimy, że jest ono podobne do ciepła topliwości (§. 89.). Przechodząc ze stanu stałego w stan ciekły, ciało pochłania ciepło topliwości; przechodząc ze stanu ciekłego w stan gazowy, pochłania ciepło parowania.

Ciepło parowania wody jest bardzo znaczne; to też pomimo, iż woda paruje bardzo powoli w zwykłej temperaturze, czujemy chłód, gdy kropla wody ulatnia się na dłoni. Ażeby mieć wodę chłodną, podczas upałów, dość owinąć karafkę wody w wilgotną serwetę i wystawić ją na wiatr lub dmuchać na nią miechem. Alkohol a jeszcze bardziej eter siarczany ulatniają się prędzej od wody w zwykłej temperaturze, bliżej im w tych temperaturach do punktu wrzenia, wytwarzają więc parę o większem ciśnieniu.

Dlatego też alkohol i eter, ulatniając się, chłodzą bardzo znacznie, choć ich ciepło parowania jest mniejsze, niż wody; kropla eteru sprawia na dłoni wrażenie ~~znacznego~~ zimna. Zwilżywszy kapsułkę miedzianą od spodu wodą, nalawszy ~~nalewając~~ w nią eteru i kierując na eter silny prąd powietrza ~~z mieszka~~, możemy ~~łatwo~~ zamrozić wodę, która przylgnęła do kapsułki. Doświadczenie to objaśnia zasadę sztucznego wyrabiania lodu, które w wielkich miastach często się praktykuje.

§. 98. Zamiana ~~pary~~ pracy na ciepło.

Przypomnijmy sobie treść §§. 17-go do 23-go. Przekonaliśmy się w nich, że <u>praca nie ginie</u>. Praca, wydana np. na skręcenie sprężyny, na podniesienie kamienia, na rzucenie kuli, nie ginie, nie jest stracona; albowiem sprężyna skręcona ma energię,

kamień podwieszony ma energię, kula biegnąca ma energię t.j. może zwrócić nam pracę wydaną. Ale kiedy przesuwamy np. skrzynię po podłodze, wówczas na przezwyciężenie tarcia ~~(ś.)~~ musimy wydać pewną ilość pracy; a czyż skrzynia przesunięta ma energię? czy może zwrócić nam pracę wydaną? Zapytujemy: co w ogóle dzieje się z pracą idącą na przezwyciężenie jakiegobądź tarcia? *Praca nigdy nie ginie*; więc praca, którą wydajemy na przezwyciężenie jakiegobądź tarcia, musi się w coś przeobrażać, czyli na coś zamieniać. Istotnie, *zamienia się ona na ciepło*. Przypomnijmy sobie, że każda oś w powozie, w wagonie kolejowym, czy w jakiejkolwiek maszynie, grzeje się przez tarcie o panewkę; ażeby tego uniknąć, staramy się zmniejszyć tarcie, smarując trące się powierzchnie. Przyciskajmy kawałek żelaza do

obwodu koła, które się prędko obra„
ca a rozgrzejemy żelazo tak zna„
cznie, że niepodobna będzie utrzy„
mać go w dłoni. Dzicy nie innym
sposobem, jak tarciem, rozniecą„
ją ogień, a i my posługujemy
się tym sposobem, ażeby zapalić
zapałkę, t. j. ażeby doprowadzić jej
łebek do temperatury, w której za„
czyna się palić. Gdy przesuwamy
więc skrzynię po podłodze, pewna
ilość ciepła niewątpliwie musi
powstawać i temperatura skrzyni
i podłogi musi nieco się podnosić,
choć tak nieznacznie, że potrzeba,
by użyć czułych przyrządów, ażeby
się o tem przekonać.

Widzimy zatem, że przez tarcie
praca zamienia się na ciepło.
Gdy kowal uderza ciężkim mło„
tem w słabą żelazną, praca je„
go mięśni zamienia się z po„
czątku na energię ruchu, na„
stępnie ta energia podczas ude„
rzania, zamienia się na ciepło.
Widzimy w nocy, że iskry wyskaku„

ją koniom na bruku z pod podków; to dowodzi, że uderzenie żelaza o kamień jest zdolne nie tylko odtłuc drobny odłamek kamienia, lecz i rozgrzać go do białości. Meteoryty spadające na ziemię i doznające tarcia od powietrza, rozgrzewają się bardzo znacznie. Potrząsając mocno butelkę, w której jest woda, możemy podnieść temperaturę wody o kilka stopni. Wszelka energia zamienia się łatwo na ciepło.

§. 99. Z pewnej ilości pracy otrzymuje się zawsze pewną ilość ciepła.

Ażeby podnieść kilogram o wysokość metra, trzeba wykonać pewną pracę, zwaną kilogrametrem. Tę pracę obiera się często za jednostkę dla mierzenia pracy ~~(§.)~~.

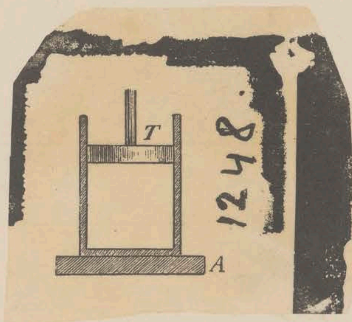
Z wielu doświadczeń, uczeni przekonali się, że z 425 kilogrametrów pracy otrzymuje się

zawsze 1 kaloryę ciepła ~~(§.)~~, jeśli praca całkowicie zamieniła się na ciepło. Żeby otrzymać 2 kalorye, trzeba 850 kilogramometrów; żeby otrzymać ~~trzy~~ 3 kalorye, trzeba 1275 kilogramometrów i t. d. Przeciwnie, z 1 kilogramometra otrzymuje się 1/425 część kaloryi i t. d. Wystawmy sobie np., że 1 kilogram wody spada na podłogę kamienną z wysokości 425 metrów. Praca, którą wykonała siła ciężkości, ściągając kilogram ku dołowi, wynosi 425 kilogramometrów, powinno się więc pojawić w owym kilogramie ciepło w ilości jednej kaloryi. Ponieważ jest to kilogram wody, więc temperatura podniesie się o 1 stopień; gdyby ciepło z 425 kilogramometrów pracy pojawiło się w kilogramie miedzi, ilość jego wynosiłaby znowu 1 kaloryę, ale temperatura podniosłaby się o 10 stopni (por. § ~~.~~86); gdyby to był kilogram rtęci, podniosłaby się o 30 stopni (§. 86.). Zatem podniesienie temperatury

zależy od rodzaju ciała, ale ilość ciepła utworzonego nie zależy ani od rodzaju ciała, ani od niczego innego, tylko od ilości pracy, przeobrażonej na ciepło.

§ 100. Zamiana ciepła na pracę.

Rozgrzejmy jakiebądź ciało tarciem lub szeregiem uderzeń. Wydaliśmy na to pewną pracę; lecz praca ta nie jest stracona. Ciało gorące nawzajem może teraz wykonać pracę, do której zimne nie byłoby zdolne. Rozgrzejmy np. płytę A tarciem lub szeregiem uderzeń i postawmy na niej walec metalowy, w którym porusza się gładko szczelny tłok T (rys. 100); w walcu znajduje się, przypuśćmy, powietrze. Podwyższona temperatura płyty udzieli się przez dno walca powietrzu; powietrze pocznie się rozszerzać, będzie podnosiło tłok wbrew zewnętrznemu ciśnieniu.



Rys. 100.

atmosfery, będzie więc wykonywało pracę. Albo też, gdyby nieco wody znajdowało się w walcu, wówczas pod działaniem przenikającego ciepła, woda parowałaby, ciśnienie pod tłokiem wzrastałoby i moglibyśmy znowu uzyskać pewną ilość pracy. Widzimy więc, że praca, wydana na rozgrzanie jakiegobądź ciała, nie jest stracona; ciało gorące ma energię i nawzajem wykona pewną pracę, byleby mogło odstąpić swego ciepła ciału zimniejszemu od siebie, np. powietrzu, które się przez to rozszerzy, lub wodzie, która będzie przez to parowała. Jak sprężyna musi się rozkręcać, żeby wydać swoją energię, jak kamień podniesiony musi się obniżyć, żeby wydać swoją energię, jak pociąg biegnący musi się zatrzymać, żeby wydać swoją energię, podobnież ciało gorące musi oddać swe ciepło, żeby wydać swoją energię

i tem samem wykonać pracę.

W maszynie parowej ogień pod kotłem odparowywa wodę a powstająca stąd para wodna ciśnieniem swem porusza tłok, podobny jak na rys. 100., a za pośrednictwem tłoka - koła i inne części maszyny. A zatem w maszynie parowej ciepło zamienia się na pracę.

§. 101. Z pewnej ilości ciepła otrzymuje się zawsze pewną ilość pracy.

Wystawmy sobie, że w walcu, rys. 100, znajduje się pod tłokiem powietrze i że ogrzewamy je o 100 stopni. Możemy przytem bądź pozwolić rozszerzać się powietrzu; bądź też możemy nie pozwolić mu się rozszerzać, utwierdziwszy np. tłok w miejscu. W pierwszym razie powietrze, ogrzewając się, będzie wykonywało pracę; w drugim razie powietrze będzie się tylko ogrzewało i nie

będzie wykonywało pracy. To też w pierwszym razie powietrze będzie pochłaniało więcej ciepła, niż w drugim; różnica jest tą ilością ciepła, jaka w pierwszym razie zamienia się na pracę. Przypuśćmy np., że w walcu pod tłokiem znajduje się 1 ~~metr sześcienny~~ m^3 powietrza o temperaturze 0°; i że powierzchnia tłoka ma 1 ~~metr kwadratowy~~ m^2 rozległości. W takim razie tłok znajduje się w odległości 1 ~~metra~~ m od dna walca w 0° i posuwa się do odległości 1,367 metra w 100°, jeśli pozwalamy powietrzu rozszerzać się swobodnie pomiędzy 0° a 100° (§. 78.). Lecz z §.48-go wiadomo, że ciśnienie atmosferyczne, które tłok, posuwając się, musi przezwyciężać, ciąży na nim tak, jakgdyby 10260 kilogramów na nim leżało. A więc, rozszerzając się od 0° do 100°, powietrze, jak gdyby podnosi 10260 kilogramów

o wysokość 0,367 metra, wykonywa więc pracę 3765,42 kilogrammetrów. Ta praca bierze się, jak powie-dziano, z nadmiaru ciepła, jakie powietrze pochłania, gdy ogrzewa się, rozszerzając się swo-bodnie. Otóż wiadomo, że metr sześcienny powietrza ~~o 0°~~ pochła-nia 8,86 kaloryi więcej, gdy roz-szerza się, niż gdy nie rozsze-rza się, ogrzewając się o 100 stopni. A zatem z 8,86 kaloryj powstaje tu 3765,42 kilogrammetrów; innemi słowy, z 1 kaloryi ciepła powsta-je 425 kilogrammetrów pracy, tak samo, jak z 425 kilogra-mometrów pracy powstawała 1 kalorya ciepła (§. 99.).

Gdybyśmy kazali powietrzu rozszerzać się i wykonywać pra-cę a nie doprowadzali muzzew-natrz ciepła, powietrze wydałoby na wykonanie tej pracy część swego własnego ciepła, t.j. oziębiłoby się. Dlatego ciało gazowe, które zmu-szamy do rozszerzenia się, oziębia

się. Aieby to okazać, nasyćmy powietrze pod kloszem pompy pneumatycznej parą wodną (zawiesiwszy pod nim na czas pewien np. arkusz wilgotnej bibuły); następnie pociągnijmy powietrze pompą. Oziębienie powietrza zdradzi się natychmiast obłoczkiem, który dowodzi, że część pary wodnej uległa skropleniu. –

§. 102. Ciepło jest pewnego rodzaju energią.

Czemże jest ciepło? Co przechodzi z płomienia lampy na lód, zamienia lód na wodę, obraca wodę w parę?

Ciepło nie jest żadnem ciałem, bo nie posiada masy. Wiemy, że ciało gorące nie ma większej masy, niż kiedy jest zimne (§. 75.). Z jednego kilograma lodu powstaje 1 kilogram wody a nie więcej; podobnież z jednego kilograma wody ciekłej powstaje 1 kilogram pary wodnej a nie więcej. –

Ciepło jest pewnego rodzaju energią, albowiem trzeba wydać pracę, ażeby powiększyć ilość ciepła, zawartą w pewnem ciele; albowiem nawzajem takie ciało może wówczas wykonać pracę, do której przedtem nie było zdolne.

~~(Koniec rozdziału IV^go.)~~

Rozdział piąty.

O elektryczności.

§. 103. Kwasy działają chemicznie na metale.



Rys. 101.

Nalejmy wody do szklanki i dodajmy ostrożnie nieco kwasu siarkowego (t. zw. witryolu); następnie do zakwaszonej w ten sposób wody włóżmy (rys. 101.) kawałek blachy cynkowej. Zauważymy, że między wodą zakwaszoną a cynkiem zaczyna się zaraz pewne działanie. Woda syczy, kotłuje się i niebawem ogrzewa się wyraźnie. ~~chociaż miała temperaturę zwyczajną przed rozpoczęciem doświadczenia, podobnie jak cynk~~. Spostrzegamy dalej, że maleńkie pęcherzyki gazowe wydobywają się na powierzchnię wody; że blachy cynkowej za-

czyna ubywać, że woda zakwaszo-
na ją niszczy, przegryza, podobnie
jak czysta woda czyni to z cukrem.
Mawia się też nieraz, że cynk roz-
puszcza się w wodzie zakwaszonej;
lecz, co tutaj się dzieje, jest tyl-
ko z pozoru podobne do rozpuszcza-
nia się cukru, ~~[illegible]~~ al-
bowiem (metalicznego) cynku nie można otrzy-
mać napowrót ~~[illegible]~~ przez odparowanie (wody)
jak to można z cukrem uczynić.
Cynk nie rozpuszcza się właści-
wie w wodzie zakwaszonej, lecz
rozkłada kwas w niej zawarty,
tworzy pewną sól (siarkan
cynku) i wydziela wodór gazowy,
jak wiadomo z Chemii.

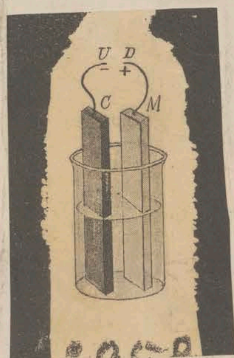
Mamy tu zatem 1) działanie
chemiczne 2) wydzielanie się
ciepła. Te dwa zjawiska są
w ścisłym związku ze sobą; im
więcej cynku zamienia się na
siarkan cynku, tem więcej cie-
pła się wydziela. Każdy gram
cynku, zamienionego na siarkan
cynku, wytwarza pewną ilość ciepła.

którą można mierzyć w kaloryach,

~~wyż. np.~~

~~[illegible] pewną liczbę kaloryj~~,

podobnie jak każdy gram węgla, spalonego w piecu, lub każdy gram nafty, wypalonej w lampie, wytwarza pewną ~~liczbę~~ ilość ~~kaloryj~~ ciepła.



Rys. 102.

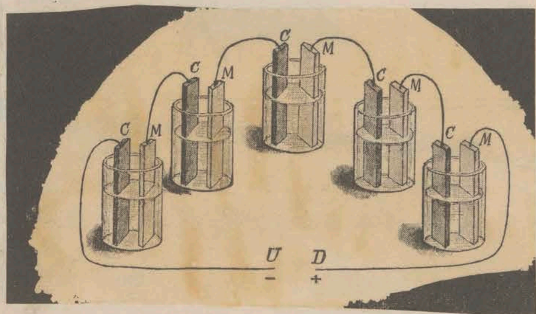
§. 104. Ogniwo elektryczne.

Weźmy teraz dwie blaszki: cynkową C i ~~drugą~~ miedzianą M, do których przylutowano po kawałku drutu; wstawmy je do wody zakwaszonej, jak okazuje rys. 102. Nazywamy przyrząd podobny elektrycznem ogniwem; koniec D drutu, idącego od miedzi, nazywamy dodatnim (+) biegunem ogniwa; koniec U drutu, idącego od cynku, nazywamy biegunem u jemnym (−). Połączmy ze sobą końce D i U ~~naszych drutów~~, czyli, jak się mówi, zamknijmy obwód ogniwa; ~~baczmy ciągle~~ zważajmy jednak, ażeby same blaszki M, C nigdzie nie dotykały się siebie. Działanie chemiczne pomiędzy cynkiem

a wodą zakwaszoną odbywa się (również)
cynk zużywa się, jak poprzednio,
ale pęcherzyki wodoru nie ukazują
się ~~już~~ ~~teraz~~ na blaszce cynkowej;
~~ukazują się one~~ nieco pęcherzyków ukaże się teraz na blaszce miedzianej.
~~poza miedzianą~~
Dzieje się ~~tutaj~~ tak, jak gdyby
wodór w sposób ~~sposób~~ niewi-
dzialny przenosił się przez ciecz
z cynku na miedź.

§. 105. Ciepło w obwodzie.

Skoro tylko obwód jest zamknięty, możemy zauważyć jeszcze inne dziwne zjawisko. Oto drut MDUC ogrzewa się. Ogrzewa się on bardzo słabo, jeśli jest gruby; lecz drut cieniutki, zwłaszcza żelazny lub platynowy, ogrzewa się wyraźnie. ~~Żeby mieć znaczniejsze ogrzanie~~ Zbudujmy kilka ogniw lub kilkanaście i połączmy je ze sobą tak (rys. 103.), ażeby biegun dodatni jednego ogniwa łączył się z ujemnym sąsiedniego; taki zbiór ogniw



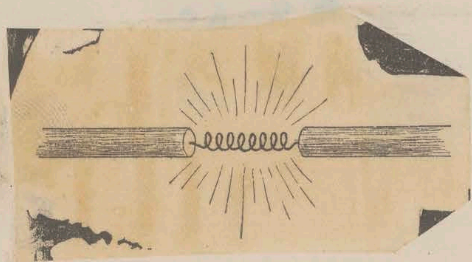
Rys. 103.

nazywamy elektryczną baterya. Na krańcach baterji pozostają dwa bieguny swobodne D, U; ~~dwa bieguny~~ zachowują się one, jak gdyby ~~były~~ bieguny ogniwa, tylko mocniejszego niż ogniwo pojedyncze. Połączmy bieguny D. U zapomocą cienkiego drucika żelaznego lub platynowego; drucik ogrzewa się mocno, może nawet (gdy ogniw jest wiele) rozpalić się do czerwoności, do białości, a nawet ulec stopieniu. Powiadamy, że w obwodzie ogniwa elektrycznego (lub baterji) pojawia się ciepło.

Zkąd bierze się to ciepło? Nie może ono tworzyć się samo przez się, nie może powstawać z niczego. Ciepło jest pewnym rodzajem energji a energja, (jak wiemy) nigdy nie tworzy się z niczego. Ciepło w obwodzie pojawia się kosztem tego ciepła ~~chemicznego działania t. j. kosztem ciepła, które pojawia się w samem ogniwie.~~ które wydziela się skutkiem odbywającego się w ogniwie chemicznego działania. Gram cynku, zamieniając się na siarkan

cynku, wytwarza zawsze pewną ilość cie-
pła; poprzednio (§103.) oczywiście całe to ciepło pojawiało się w miej-
scu chemicznego działania, teraz
zaś część tego ciepła pojawia się
w obwodzie, a tylko reszta
pojawia się w ogniwie. Innemi
słowy: w samem ogniwie zmniej-
sza się ilość pojawiającego się ciepła,
ale spółcześnie nowe ciepło pojawia się w obwodzie ogniwa.

Weźmy dwa grube pręty miedziane,
długie np. na dwa metry; użyjmy
ich za druty MD i CN,
wprowadźmy mianowicie pomię-
dzy D i N cieniutki drucik żela-
zny lub platynowy (ryc. 104.) Wprzó-
dy nie znajdujemy żadnego
ogrzania; drucik, przeciwnie, roz-
grzewa się do czerwoności. Zatem
dzieje się tak, jak gdyby część
ciepła, pochodzącego z chemiczne-
go działania w ogniwach, była
się tu przeniosła w sposób niedostrzegalny
do drucika, o dwa metry od ogniw,



Ryc. 104.

i tam dopiero pojawiła się znowu jako ciepło.

§. 106. Działanie chemiczne w obwodzie

Połączmy bieguny D i U baterji (rys. 103.) z dwiema blaszkami, zrobionemi z platyny, metalu, na który zwykłe kwasy nie działają. Weźmy nieco siarkanu cynku t.j. tej samej soli, jaka tworzy się w ogniwie (§ 103.) i zanurzmy platynowe bieguny baterji, jak okazuje rys. 105., do roztworu soli tej w wodzie. Zobaczymy niebawem, że metaliczny cynk osadza się na platynowej blaszce, która połączona jest z ostatnim cynkiem, a więc na ujemnym biegunie baterji. Przekonamy się dalej, że woda w szklance staje się coraz bardziej kwaśna, że tworzy się w niej kwas siarkowy. Więc odbywa się tutaj rozkład siarkanu cynku, podczas gdy w ogniwie, przeciwnie, siarkan



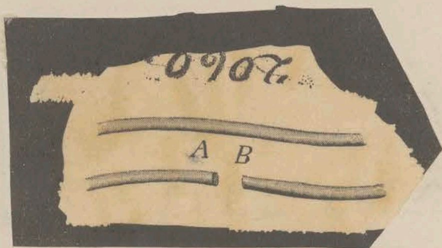
Rys. 105.

(ryc. 105.)

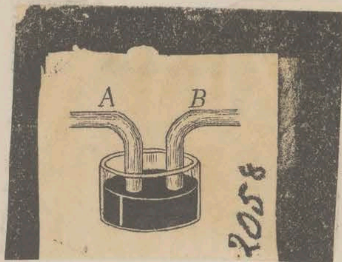
cynku się ~~[illegible]~~ tworzy. Wszelako przybywa cynku i przybywa kwasu, podczas gdy w ogniwie i cynku i kwasu ubywało. A zatem w ogniwie odbywa się pewne działanie, chemiczne ~~[illegible]~~, ~~odwrotne~~ ale spółcześnie w obwodzie ogniwa, w roztworze siarkami cynku, odbywa się ~~działanie~~ ~~chemiczne~~ wprost przeciwne ~~[illegible]~~ chemiczne działanie. —

§. 107. Prąd elektryczny. Przewodniki

Wszystkie te skutki przypisujemy elektrycznemu prądowi, który tworzy się w ogniwie i ~~płynie~~ przechodzi przez obwód. Powiadamy, że przez pręty ~~[illegible]~~ (ryc. 104.) płynie prąd elektryczny; że dzięki prądowi część ciepła, ~~[illegible]~~ pochodzącego z chemicznego działania w ogniwach, przeniosła się ~~[illegible]~~ ~~pręty~~ o dwa metry od ogniw do drucika ~~[illegible]~~ ~~i tam~~ i dopiero w druciku pojawiła się znów jako ciepło. Powiadamy, że dzięki prądowi działanie chemiczne w ogniwach wytwarza wprost przeciwne



Rys. 106.



Rys. 107.

chemiczne działanie w roztworze siarczanu cynku w odległości dwóch metrów od ognia. O prętach powiadamy, że prąd przez nie przechodzi; inaczej mówimy, że one prąd przewodzą lub że są przewodnikami prądu. Przepiłujmy jeden z tych prętów i rozsuńmy końce A, B (rys. 106.) dwóch części, na które rozdzieliliśmy pręt tym sposobem; drucik przestaje natychmiast świecić, rozkład siarczanu cynku w szklance przerywa się natychmiast. A zatem powietrze nie przewodzi prądu. Włóżmy końce A, B do miseczki z rtęcią (rys. 107.); drucik zaczyna świecić napowrót, rozkład siarczanu cynku znów się rozpoczyna. A zatem rtęć przewodzi prąd. Lecz jeśli rtęć przewodzi, jeśli ciecze wogóle mogą przewodzić, to zapewne i roztwór siarczanu cynku w szklance (rys. 105.) przewodzi prąd, i, co więcej, woda zakwaszona w samem ogniwie także przewodziła. A zatem powiadamy: prąd przechodzi

niettylko przez druty (lub pręty) ~~jak MN, MN~~ ~~MC, rys.~~) niettylko przez roztwór siarkanu cynku, znajdujący się w obwodzie, ~~rys.~~) lecz również przez samo ogniwo; prąd ~~odbywa~~ przechodzi jakgdyby ~~dokoła~~ przez ogniwo i przez cały obwód.

Końcami A, B (rys. 106.) dotknijmy kawałka szkła, porcelany, kauczuku, jedwabiu, wełny: prąd nie przechodzi. Włóżmy końce A, B do naczynia z naftą, oliwą, terpentyną: prąd nie przechodzi. Wszystkie te ciała są więc złymi przewodnikami czyli izolatorami prądu, stawiają one ~~nieprzezwyciężony~~ nadzwyczaj znaczny opór przejściu prądu. Przeciwnie. Węgiel i wszystkie metale są dobrymi przewodnikami prądu elektrycznego.

§ 108. Elektroliza. ~~czyli rozkład przez prąd elektryczny.~~

Prąd elektryczny, przechodząc przez złoto, nie rozkłada jéj; złoto jest, jak wiadomo, pierwiastkiem chemicznym czyli nie rozkłada.

działającem się ciałem. Doprowadźmy teraz prąd przez jakiebądź ciała złożone; do szklanki np. (rys. 105.) nalejmy wodnego roztworu siarkanu miedzi (t. zw. koperwasu miedzianego) i połączmy blaszki z biegunami baterji. Na blaszce, połączonej z biegunem ujemnym, osadza się miedź, w roztworze zaś przybywa kwasu siarkowego. A zatem prąd, który powstaje przez tworzenie się siarkanu cynku, może rozkładać nietylko siarkan cynku, lecz również i inne ciała złożone; wszelki prąd, przechodząc przez ciała złożone, rozkłada je. Rozkład przez prąd elektryczny nazywa się elektrolizą. Gdy elektrolizujemy roztwór jakiej soli srebra, np. azotanu srebra (lapisu), na biegunie ujemnym osadza się srebro; rozumiemy więc, jak można srebrzyć, złocić i t. d. zapomocą elektrycznego prądu.

I, wywodzimy

II ark. 7.